

*П. Г. Иваночкин, О. А. Беляк, А. А. Бичеров, А. М. Ананко*

### ПРИМЕНЕНИЕ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ МИКРОКАПСУЛ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ \*

**Аннотация.** Рассмотрена возможность трибологического применения эпоксидных композитов, наполненных микрокапсулами со смазочным материалом. В матрицу из эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 добавлялись микрокапсулы в полиэфирных оболочках, содержащие индустриальное масло И-40.

Во время испытаний на скольжение капсулы повреждаются неровностями контртела, в результате чего масло попадает в зону контакта. Смазывающее действие выделенного масла и улавливание частиц износа в полостях, оставленных разорвавшимися капсулами, приводит к значительному снижению как коэффициента трения, так и удельной скорости изнашивания.

Важную роль в обеспечении работоспособности узла трения играют трибохимические реакции, протекающие при взаимодействии композита с поверхностью металла. Кинетика формирования в процессе трения вторичных поверхностных структур исследовалась методом ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения. Морфология и элементный состав структур, образовавшихся на поверхности контртела в процессе трения, исследовались на сканирующем (растровом) электронном микроскопе (РЭМ) Zeiss EVO MA 18, оснащенный энергодисперсионным анализатором X-Max 50N (ЭДС).

**Ключевые слова:** эпоксидные композиты, микрокапсулы, смазочный материал, физико-механические характеристики, трибологические испытания, вторичные структуры.

**Для цитирования:** Применение маслonaполненных микрокапсул для улучшения трибологических характеристик эпоксидных композитов / П. Г. Иваночкин, О. А. Беляк, А. А. Бичеров, А. М. Ананко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 8–15. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_8.

*P. G. Ivanochkin, O. A. Belyak, A. A. Bicherov, A. M. Ananko*

### APPLICATION OF OIL-FILLED MICROCAPSULES FOR IMPROVING THE TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF EPOXY COMPOSITES

**Abstract.** The paper considers the possibility of tribological application of epoxy composites filled with microcapsules with a lubricant. Microcapsules in polyester shells containing industrial oil I-40 were added to the matrix of epoxy-diane resin ED-20.

During slip tests, the capsules are damaged by counterbody irregularities, causing oil to enter the contact area. The lubricating effect of the released oil and the trapping of wear particles in the cavities left by the ruptured capsules lead to a significant reduction in both the coefficient of friction and the specific wear rate.

An important role in ensuring the performance of the friction unit is played by tribochemical reactions that occur during the interaction of the composite with the metal surface. The kinetics of the formation of secondary surface structures during friction was studied by attenuated total internal reflection IR spectroscopy. The morphology and elemental composition of the structures formed on the surface of the counterbody during friction were studied using a Zeiss EVO MA 18 scanning (raster) electron microscope (SEM) equipped with an X-Max 50N energy dispersive analyzer (EDS).

**Keywords:** epoxy composites, microcapsules, lubricant, physical and mechanical characteristics, tribological tests, secondary structures.

---

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00288, <https://rscf.ru/project/21-19-00288/>.

**For citation:** Application of oil-filled microcapsules for improving the tribological characteristics of epoxy composites / P. G. Ivanochkin, O. A. Belyak, A. A. Bicherov, A. M. Ananko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 8–15. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_8.

#### 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

##### **Беляк Ольга Александровна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Теоретическая механика», доктор физико-математических наук, доцент, e-mail: o\_bels@mail.ru

##### **Бичеров Александр Александрович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), НОЦ «Нанотехнологии и новые материалы», младший научный сотрудник, e-mail: aabicherov@yandex.ru

##### **Ананко Анатолий Михайлович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), НОЦ «Нанотехнологии и новые материалы», младший научный сотрудник, e-mail: nypotilitailla@yandex.ru

#### Information about the authors

##### **Ivanochkin Pavel Grigorievich**

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

##### **Belyak Olga Aleksandrovna**

Rostov State Transport University (RSTU) Chair «Theoretical Mechanics», Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, e-mail: o\_bels@mail.ru

##### **Bicherov Aleksandr Aleksandrovich**

Rostov State Transport University (RSTU) Scientific and Educational Center «Nanotechnology and New Materials», Junior Researcher, e-mail: aabicherov@yandex.ru

##### **Ananko Anatoliy Michaylovich**

Rostov State Transport University (RSTU) Scientific and Educational Center «Nanotechnology and New Materials», Junior Researcher, e-mail: nypotilitailla@yandex.ru

УДК 621.9.048 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_16

*П. Г. Иваночкин, Д. С. Мантуров, С. А. Данильченко, В. В. Авилов, А. И. Азоян*

### **ВЛИЯНИЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ МЕЖЭЛЕКТРОДНОЙ СРЕДЫ, НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ \***

**Аннотация.** Исследовано влияние межэлектродной среды и режимов электроискровой обработки (ЭИЛ) на микротвердость, структуру и триботехнические свойства модифицированных поверхностных слоев, формируемых при различных технологических режимах. В качестве межэлектродной среды были использованы сложные эфиры: ДОС – диоктилсебацат (сложный эфир изооктилового спирта (2-этилгексанола) и себаценовой кислоты) и ДОФ – диоктилфталат (диэфир фталевой кислоты и 2-этилгексанола), обладающие сложной разветвленной структурой и высоким энерговыделением при разложении. В качестве управляемых технологических параметров были рассмотрены период импульса ( $T$ , мкс) и длительность импульса ( $t$ , мкс), а также их комбинация – скважность импульсов. Анализ проведенных исследований показывает эффективность применения ЭИЛ в рассматриваемых межэлектродных средах для покрытий тяжело-нагруженных трибосистем.

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Федерального агентства железнодорожного транспорта (Соглашение от 10.01.2023 г. № 109-03-2023-011).

**Ключевые слова:** модификация поверхности, электроискровое легирование, диоктилсебацат, диоктилфталат, поверхностный слой, интенсивность изнашивания.

**Для цитирования:** Влияние сложных эфиров, используемых в качестве межэлектродной среды, на структуру и свойства модифицированных методом электроискрового легирования поверхностей трения / П. Г. Иваночкин, Д. С. Мантуров, С. А. Данильченко [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 16–24. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_16.

*P. G. Ivanochkin, D. S. Manturov, S. A. Danilchenko, V. V. Avilov, A. I. Azoyan*

## **THE EFFECT OF ESTERS USED AS AN INTERELECTRODE MEDIUM ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF FRICTION SURFACES MODIFIED BY THE METHOD OF ELECTROSPARK ALLOYING**

**Abstract.** The paper studies the influence of the interelectrode medium and electric spark processing (EDT) modes on the microhardness, structure and tribological properties of the modified surface layers formed under various technological modes. The following esters were used as the interelectrode medium: DOS is the dioctyl sebacate (an ester of isooctyl alcohol (2-ethylhexanol) and sebacic acid) and DOP is the dioctyl phthalate (a diester of phthalic acid and 2-ethylhexanol), which have a complex branched structure and high-energy release during decomposition. The pulse period ( $T, \mu\text{s}$ ) and pulse duration ( $t, \mu\text{s}$ ), as well as their combination - the duty cycle of the pulses, were considered as controlled technological parameters. Analysis of the conducted studies shows the effectiveness of using ESA in the interelectrode media under consideration for coatings of heavily loaded tribosystems.

**Keywords:** surface modification, electro spark alloying, dioctyl sebacinate, dioctyl phthalate, wear resistance, surface layer, and wear intensity.

**For citation:** The effect of esters used as an interelectrode medium on the structure and properties of friction surfaces modified by the method of electrospark alloying / P. G. Ivanochkin, D. S. Manturov, S. A. Danilchenko [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 16–24. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_16.

### **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

#### **Мантуров Дмитрий Сергеевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
заведующий лабораторией,  
кандидат технических наук,  
e-mail: manturovds@rgups.ru

#### **Данильченко Сергей Александрович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
Научно-испытательный центр «Нанотехнологии и трибосистемы»,  
научный сотрудник,  
e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

#### **Авилов Виктор Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),

### **Information about the authors**

#### **Ivanochkin Pavel Grigoryevich**

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

#### **Manturov Dmitriy Sergeevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Head of Laboratory, Candidate of Engineering Sciences,  
e-mail: manturovds@rgups.ru

#### **Danilchenko Sergey Alexandrovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Research and Testing Center «Nanotechnologies and Tribosystems»,  
Researcher,  
e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

#### **Avilov Viktor Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),

Научно-исследовательская лаборатория  
«Нанотехнологии и новые материалы»,  
научный сотрудник,  
e-mail: avilov\_victor@mail.ru  
**Азоян Анаид Иосиповна**  
Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
ассистент,  
e-mail: azojan.anaid@mail.ru

Research Laboratory «Nanotechnologies and  
New Materials»,  
Researcher,  
e-mail: avilov\_victor@mail.ru  
**Azoyan Anaid Iosipovna**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Assistant,  
e-mail: azojan.anaid@mail.ru

УДК 621.891 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_25

*В. И. Колесников, О. А. Беляк, Т. В. Суворова, И. В. Колесников, С. А. Данильченко*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНДЕНТИРОВАНИЯ \***

**Аннотация.** Изучено влияние микронных частиц оксида магния и карбида бора наполнителя на вязкоупругие свойства композитных материалов на основе эпоксидно-диановой смолы, для чего проведены комплексные теоретико-экспериментальные исследования. Экспериментальные данные для созданных композитов получены методом индентирования. Идентификация механических свойств вязкоупругих композиционных материалов на основании экспериментально полученных диаграмм «нагрузка – проникновение» проведена на основе созданного вычислительного алгоритма. Представлены результаты идентификации параметров модели Прони по экспериментальным кривым ползучести, которые получены в рамках метода микроиндентирования. Идентификация параметров модели осуществлена гибридным методом на основе генетического алгоритма и метода Нелдера – Мида. Такой подход обеспечивает устойчивую схему определения искомых параметров. Представленный подход к изучению механических свойств материалов эффективен при идентификации вязкоупругих свойств композиционных покрытий.

**Ключевые слова:** композит, микронные частицы, вязкоупругость, индентирование.

**Для цитирования:** Исследование вязкоупругих свойств композиционных материалов на основе метода индентирования / В. И. Колесников, О. А. Беляк, Т. В. Суворова [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 25–33. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_25.

*V. I. Kolesnikov, O. A. Belyak, T. V. Suvorova, I. V. Kolesnikov, S. A. Danilchenko*

## **STUDY OF VISCOELASTIC PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS ON THE BASIS OF INDENTATION METHOD**

**Abstract.** A complex theoretical-experimental research has been carried out for studying effect of micron particles of magnesium oxide and boron carbide filler on the viscoelastic properties of epoxy-diane resin composites. Experimental data for the created composites were obtained by indentation method. Identification of mechanical properties of viscoelastic composites on the basis of experimentally obtained diagrams "load-penetration" is carried out on the basis of the created computational algorithm. The results of identification of the Prony's model parameters from experimental creep curves, which were obtained within the framework of the micro indentation method, are presented. The identification of the model parameters was carried out by a hybrid method based on the genetic algorithm and the Nelder – Mead

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФ, грант № 21-19-00288.

method. This approach provides a stable scheme for the determination of the sought parameters. The presented approach to the study of mechanical properties of materials is effective in the identification of viscoelastic properties of composite coatings.

**Keywords:** composite, micron particles, viscoelasticity, indentation.

**For citation:** Study of viscoelastic properties of composite materials on the basis of indentation method / V. I. Kolesnikov, O. A. Belyak, T. V. Suvorova [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 25–33. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_25.

#### Сведения об авторах

##### **Колесников Владимир Иванович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Теоретическая механика», доктор технических наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой, e-mail: kvi@rgups.ru

##### **Беляк Ольга Александровна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Теоретическая механика», доктор физико-математических наук, доцент, e-mail: o\_bels@mail.ru

##### **Суворова Татьяна Виссарионовна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Высшая математика», доктор физико-математических наук, профессор, e-mail: suvorova\_tv111@mail.ru

##### **Колесников Игорь Владимирович**

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

##### **Данильченко Сергей Александрович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Теоретическая механика», младший научный сотрудник, e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

#### Information about the authors

##### **Kolesnikov Vladimir Ivanovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Theoretical Mechanics», Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, Head of the Chair, e-mail: kvi@rgups.ru

##### **Belyak Olga Aleksandrovna**

Rostov State Transport University (RSTU) Chair «Theoretical Mechanics», Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, e-mail: o\_bels@mail.ru

##### **Suvorova Tatiana Vissarionovna**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Higher Mathematics», Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, e-mail: suvorova\_tv111@mail.ru

##### **Kolesnikov Igor Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Theoretical Mechanics», Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, e-mail: kvi@rgups.ru

##### **Danilchenko Sergey Aleksandrovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Theoretical Mechanics», Junior Researcher, e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ЛУБРИКАЦИИ ГРЕБНЕЙ КОЛЕС НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОКОМОТИВА

**Аннотация.** Представлены результаты эксплуатации устройств смазывания гребня колеса различных способов лубрикации: контактного и жидкостного. Исследовано влияние технологии лубрикации на формирование показателей эксплуатационной эффективности локомотивов на примере парка грузовых электровозов одной серии, на которых установлены устройства гребнесмазывания контактного и жидкостного типа. Определены эффектообразующие факторы, получаемые в ходе применения устройств греб-

несмазывания, и распределение эффектов между дирекцией тяги и сервисной компанией, обеспечивающей сервисное обслуживание локомотивов с установленными гребнесмазывателями.

Выполнен сравнительный анализ двух сценариев эксплуатации устройств с применением гребнесмазывателей контактного и жидкостного типа, сопоставлены основные показатели, определяющие технико-экономическую эффективность применения гребнесмазывателей.

**Ключевые слова:** устройства смазывания гребней, эффектообразующие факторы, ресурс бандажа, ресурс колесной пары, обточка гребней, инвестиционные затраты, операционные расходы, технико-экономическая эффективность, результаты применения устройств гребнесмазывания.

**Для цитирования:** Майба, И. А. Исследование влияния способа лубрикации гребней колес на эксплуатационную эффективность локомотива / И. А. Майба // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 34–40. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_34.

*I. A. Maiba*

## **INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE METHOD OF LUBRICATING WHEEL RIDGES ON THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF THE LOCOMOTIVE**

**Abstract.** The results of the operation of the comb lubrication devices of various methods of lubrication are presented: contact and liquid. The influence of lubrication technology on the formation of locomotive operational efficiency indicators was studied using the example of a fleet of electric freight locomotives of one series, on which contact and liquid type ridge lubrication devices are installed. The effect-forming factors obtained during the application of comb lubrication devices and the distribution of effects between the Traction Directorate and the Service Company providing maintenance of locomotives with installed comb lubricators are determined.

A comparative analysis of two scenarios with the use of contact and liquid type comb lubricators and a comparison of the main indicators determining the technical and economic efficiency of the use of comb lubricators is carried out.

**Keywords:** lubricating flanges devices, effect-forming factors, bandage resource, wheelset resource, comb turning, investment costs, operating costs, technical and economic efficiency, the results of the use of comb lubrication devices.

**For citation:** Maiba, I. A. Investigation of the influence of the method of lubricating wheel ridges on the operational efficiency of the locomotive / I. A. Maiba // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 34–40. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_34.

### **Сведения об авторах**

#### **Майба Игорь Альбертович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), факультет «Дорожно-строительные машины», доктор технических наук, профессор, декан, e-mail: mia@rgups.ru

### **Information about the authors**

#### **Maiba Igor Albertovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Road Building Machines», Doctor of Engineering Science, Professor, Dean, e-mail: mia@rgups.ru

УДК 674.05 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_41

*А. Е. Набоков, А. Н. Чукарин, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ**

**Аннотация.** На станках фрезерной группы выполняются различные операции по обработке металлических заготовок торцевыми, концевыми, пазовыми, цилиндрическими фре-

зами. Операции для нарезания резьб выполняются с использованием режущих инструментов и приспособлений. Одним из основных источников шума, превышающим санитарные нормы, является система «режущий инструмент – обрабатываемая заготовка». В статье представлены теоретические исследования и выведены аналитические зависимости уровней звукового давления и звуковой мощности для технологических процессов фрезерования и строгания, а также получены выражения скоростей колебаний. Представленный подход отличается своей простотой и логичностью инженерного расчета уровней звукового давления с учетом собственных частот колебаний как режущего инструмента, так и обрабатываемой заготовки во всем нормируемом диапазоне частот.

**Ключевые слова:** станочное оборудование, колебательная система, сила резания, скорость колебаний, уровень звукового давления, уровень звуковой мощности.

**Для цитирования:** Моделирование виброакустической динамики шпиндельных узлов универсальных фрезерных станков / А. Е. Набоков, А. Н. Чукарин, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 41–47. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_41.

*A. E. Nabokov, A. N. Chukarin, T. A. Finochenko, I. A. Yaitskov*

### **SIMULATION OF VIBROACOUSTIC DYNAMICS OF SPINDLE UNITS OF UNIVERSAL MILLING MACHINES**

**Abstract.** On machines of the milling group, various operations are performed for processing metal workpieces with end, end, groove, and cylindrical cutters. Using cutting tools and devices, thread cutting operations are performed. One of the main sources of noise that exceeds sanitary standards is the “cutting tool – workpiece” system. The article presents theoretical studies and derives analytical dependencies of sound pressure and sound power levels for technological processes of milling and planing, and obtains expressions for vibration speeds. The presented approach is distinguished by the simplicity and logic of the engineering calculation of sound pressure levels, taking into account the natural frequencies of vibration of the cutting tool and the workpiece over the entire standardized frequency range.

**Keywords:** machine equipment, oscillatory system, cutting force, oscillation speed, sound pressure level, sound power level.

**For citation:** Simulation of vibroacoustic dynamics of spindle units of universal milling machines / A. E. Nabokov, A. N. Chukarin, T. A. Finochenko, I. A. Yaitskov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobcheniya. – 2023. – No. 4 – P. 41–47. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_41.

#### **Сведения об авторах**

##### **Набоков Александр Евгеньевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Строительная механика»,  
старший преподаватель,  
e-mail: mr.nae@yandex.ru

##### **Чукарин Александр Николаевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Основы проектирования машин»,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой,  
e-mail: opm@rgups.ru

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

##### **Nabokov Alexander Evgenievich**

Rostov State Transport University  
(RSTU),  
Chair «Structural Mechanics»,  
Senior Lecturer,  
e-mail: mr.nae@yandex.ru

##### **Chukarin Alexander Nikolaevich**

Rostov State Transport University  
(RSTU),  
Chair «Fundamentals of Machine Design»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Head of Chair,  
e-mail: opm@rgups.ru

**Финоченко Татьяна Анатольевна**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующая кафедрой,  
e-mail: fta09@bk.ru

**Яицков Иван Анатольевич**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
доктор технических наук, профессор,  
декан электромеханического факультета,  
e-mail: yia@rgups.ru

**Finochenko Tatiana Anatolievna**  
Rostov State Transport University  
(RSTU),  
Chair «Health Safety»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor, Head of Chair,  
e-mail: fta09@bk.ru

**Yaitskov Ivan Anatolievich**  
Rostov State Transport University  
(RSTU),  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Dean of Electromechanical Faculty,  
e-mail: yia@rgups.ru

УДК 621.184.6 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_48

*А. Ю. Приймак, М. Ю. Сербиновский*

### **АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК ВПРЫСКИВАЮЩИХ ПАРООХЛАДИТЕЛЕЙ**

**Аннотация.** На основании проведенного анализа научно-технической и патентной информации, дефектов и разрушений основных элементов конструкции впрыскивающих парохладителей (ВПО), выявленных в ходе эксплуатации котлоагрегатов, в частности их форсунок, отмечены основные процессы, влияющие на ресурс ВПО. С учетом результатов анализа и современного состояния исследований по повышению надежности и ресурса ВПО сформулированы пути совершенствования основных элементов конструкции ВПО, которые направлены на повышение надежности и ресурса ВПО при сохранении высокого качества распыла форсунками охлаждающей воды. Эти пути включают выбор перспективных материалов форсунок и оптимизацию конструкции форсунок и других частей ВПО с учетом выявленных потенциальных зон разрушения, моделирования напряженно-деформированного состояния, полей температур форсунок и ВПО в целом, особенностей распределения потоков сред и полей распределения скоростей сред в форсунках и ВПО в целом, эрозионного износа их поверхностей, процесса трещинообразования и развития трещин.

**Ключевые слова:** впрыскивающий парохладитель, центробежная форсунка, ресурс, паровой котел, регулирование температуры пара.

**Для цитирования:** Приймак, А. Ю. Анализ причин разрушения центробежных форсунок впрыскивающих парохладителей / А. Ю. Приймак, М. Ю. Сербиновский // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 48–53. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_48.

*A. Yu. Priymak, M. Yu. Serbinovsky*

### **ANALYSIS OF THE DESTRUCTION CAUSES OF CENTRIFUGAL ATOMIZERS OF SPRAY ATTEMPERATORS**

**Abstract.** Based on the analysis of scientific, technical and patent information, defects and destructions of the main structural elements of injecting steam coolers (ISC) identified during the operation of boilers, in particular their nozzles, the main processes affecting the ISC resource are noted. Using the results of the analysis and the current state of research on improving the reliability and resource of the ISC, the ways of improving the main elements of the ISC design are formulated, which are aimed at improving the reliability and resource of the ISC while maintaining the high quality of spraying with cooling water nozzles. These ways include the selection of promising materials of nozzles and optimization of the design of nozzles and other parts of the ISC with the identified potential fracture zones, modeling of the stress-strain state, temperature fields of nozzles and ISC as a whole, features of the distribution



of media flows and velocity distribution fields of media in nozzles and ISC as a whole, erosive wear of their surfaces, the process of cracking, etc. the development of cracks.

**Keywords:** injecting steam cooler, centrifugal nozzle, resource, steam boiler, steam temperature control.

**For citation:** Priymak, A. Yu. Analysis of the destruction causes of centrifugal atomizers of spray attemperators / A. Yu. Priymak, M. Yu. Serbinovsky // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 48–53. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_48.

#### **Сведения об авторах**

##### **Приймак Антон Юрьевич**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Основы проектирования машин»,  
аспирант,  
e-mail: A290488@yandex.ru

##### **Сербиновский Михаил Юрьевич**

ПАО ТКЗ «Красный котельщик»  
конструкторское бюро,  
главный специалист,  
e-mail: serb-m@mail.ru

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

##### **Priymak Anton Yurievich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Machine Design Fundamentals»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: A290488@yandex.ru

##### **Serbinovsky Mikhail Yurievich**

PJSC TKZ “Krasny Kotelshchik”,  
Design Bureau,  
Chief Specialist,  
e-mail: serb-m@mail.ru

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

УДК 004.023, 004.921 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_54

*С. В. Соколов, А. В. Костюков, Е. Н. Тищенко*

### **ВЫСОКОТОЧНАЯ ОЦЕНКА НАЧАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО СПУТНИКОВЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ**

**Аннотация.** Рассматривается задача начальной ориентации беспилотного летательного аппарата (БПЛА) по высокоточным спутниковым измерениям. Решение получено в виде явных зависимостей углов ориентации БПЛА относительно географической системы координат от вторичных спутниковых измерений координат навигационных приемников, расположенных на БПЛА, в геоцентрической системе координат. Приведена численная оценка точности предложенного метода, иллюстрирующая эффективность его практического применения. В результате проведения исследований полученные результаты позволяют говорить о возможности использования предложенного в статье способа для определения начальной ориентации беспилотного летательного аппарата с требуемой для современных БПЛА точностью (определяемой габаритами БПЛА и допустимым временем позиционирования) с минимальными затратами.

**Ключевые слова:** оценка координат, начальная ориентация, спутниковые измерения, навигационные приемники.

**Для цитирования:** Соколов, С. В. Высокоточная оценка начальной ориентации беспилотного летательного аппарата по спутниковым измерениям / С. В. Соколов, А. В. Костюков, Е. Н. Тищенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 54–61. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_54.

*S. V. Sokolov, A. V. Kostyukov, E. N. Tishchenko*

### **HIGH-PRECISION ASSESSMENT OF THE INITIAL ORIENTATION OF DRONE AIRCRAFT BY SATELLITE MEASUREMENTS**

**Abstract.** The paper deals with the problem of the initial orientation of the drone aircraft by high-precision satellite measurements. The solution is obtained in the form of explicit dependencies of the orientation angles of the UAV relative to the geographical coordinate system from secondary satellite measurements of the coordinates of navigation receivers located on the drone aircraft in the geocentric coordinate system. It is given a numerical estimate of the proposed method 'precision illustrating the effectiveness of its practical application.

**Keywords:** coordinate estimation, initial orientation, satellite measurements, navigation receivers.

**For citation:** Sokolov, S. V. High-precision assessment of the initial orientation of drone aircraft by satellite measurements / S. V. Sokolov, A. V. Kostyukov, E. N. Tishchenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 54–61. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_54.

#### Сведения об авторах

##### **Соколов Сергей Викторович**

Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ),  
доктор технических наук, профессор, заведующий научно-производственной лабораторией,  
e-mail: s.v.s.888@yandex.ru

##### **Костюков Александр Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретические основы электротехники»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: kav@rgups.ru

##### **Тищенко Евгений Николаевич**

Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ),  
факультет «Компьютерных технологий и информационной безопасности»,  
доктор экономических наук, профессор, декан,  
e-mail: celt@inbox.ru

#### Information about the authors

##### **Sokolov Sergey Viktorovich**

Rostov State University of Economics (RSUE),  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Head of the Scientific-Production Laboratory,  
e-mail: s.v.s.888@yandex.ru

##### **Kostyukov Alexander Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Foundations of Electrical Engineering»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: kav@rgups.ru

##### **Tishchenko Evgeny Nikolaevich**

Rostov State University of Economics (RSUE),  
Faculty «Computer Technologies and Information Security»,  
Doctor of Economics Sciences,  
Professor, Dean,  
e-mail: celt@inbox.ru

### УПРАВЛЕНИЕ И ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.078

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_62

*И. С. Выскребенцев, М. Б. Петров*

#### МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

**Аннотация.** Содержится описание разработанной авторами эффективной методики прогнозирования спроса на грузовые перевозки. В рамках исследования предложено использовать комплексный подход, включающий в себя различные методы прогнозирования, такие как анализ временных рядов, эконометрические модели и экспертные оценки. Анализ временных рядов представляет собой метод, основанный на изучении изменений величины переменной во времени. Эконометрические модели, в свою очередь, позволяют установить зависимость между различными экономическими показателями и спросом на грузовые перевозки. Использование экспертных оценок позволяет учесть особенности конкретной отрасли и принять во внимание мнение профессионалов. Исследование подтверждает, что использование различных методов прогнозирования может значительно повысить точность прогнозов и помочь логистическим компаниям принимать более обоснованные решения. Таким образом, разработанная авторами методика прогнозирования спроса на грузовые перевозки позволяет достичь наиболее точных результатов и оптимизировать деятельность логистических компаний.

**Ключевые слова:** методика прогнозирования спроса на грузовые перевозки, анализ временных рядов, эконометрические модели, экспертные оценки, точность прогнозов, управление логистическими процессами.

**Для цитирования:** Выскребенцев, И. С. Методика прогнозирования спроса на грузовые перевозки / И. С. Выскребенцев, М. Б. Петров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 62–71. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_62.

*I. S. Vyskrebentsev, M. B. Petrov*

## METHODOLOGY FOR FORECASTING DEMAND FOR FREIGHT TRANSPORTATION

**Abstract.** The paper provides the description of the effective methodology developed by the authors for forecasting the demand for freight transportation. The study proposed using an integrated approach that includes various forecasting methods, such as time series analysis, econometric models and expert assessments. Time series analysis is a method based on the study of changes in the value of a variable over time. Econometric models, in turn, make it possible to establish the relationship between various economic indicators and the demand for freight transportation. The use of expert assessments considers using the characteristics of a particular industry and the professional opinions. The study confirms that using different forecasting methods can significantly improve forecast accuracy and help logistics companies make more informed decisions. So, the methodology developed by the authors for forecasting the demand for freight transportation allows us to achieve the most accurate results and optimize the activities of logistics companies.

**Keywords:** methodology for forecasting demand for freight transportation, time series analysis, econometric models, expert assessments, forecast accuracy, logistics process management.

**For citation:** Vyskrebentsev, I. S. Methodology for forecasting demand for freight transportation / I. S. Vyskrebentsev, M. B. Petrov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 62–71. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_62.

### Сведения об авторах

#### **Выскребенцев Иван Сергеевич**

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), кафедра «Экономика транспорта», аспирант,  
e-mail: IVyskrebentsev@usurt.ru

#### **Петров Михаил Борисович**

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), кафедра «Экономика транспорта», доктор технических наук

Центр развития и размещения производительных сил Института экономики УрО РАН, руководитель,  
e-mail: MPetrov@usurt.ru

### Information about the authors

#### **Vyskrebentsev Ivan Sergeevich**

Ural State Transport University (URGUPS), Chair «Transport Economics», Postgraduate Student,  
e-mail: IVyskrebentsev@usurt.ru

#### **Petrov Mikhail Borisovich**

Ural State Transport University (URGUPS), Chair «Transport Economics», Doctor of Engineering Sciences

Center for the Development and Placement of Productive Forces of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Supervisor,  
e-mail: MPetrov@usurt.ru

## ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ ПОГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ, ПЕРЕВОЗИМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРЕЙЛЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Аннотация.** Представлены разработанные технико-технологические параметры железнодорожных станций погрузки и выгрузки в крупнейших мегаполисах Российской Федерации твердых коммунальных отходов, перевозимых с использованием контрейлерной технологии, включающие в себя требования к путевой и терминально-складской станционной инфраструктуре, выбору рационального способа организации приема коммунальных отходов на железнодорожный транспорт, используемому типу подвижного состава для реализации данных перевозок, способам выполнения погрузочно-разгрузочных операций с перевозимым грузом, а также требования к поездообразованию, экономике перевозочного процесса, соблюдению экологических требований с учетом законодательства Российской Федерации и возможности применения тарифной политики ОАО «РЖД» в рамках проекта организации перевозки твердых коммунальных отходов железнодорожным транспортом и др.

**Ключевые слова:** железнодорожные станции, контрейлерные перевозки, твердые коммунальные отходы, съемный автомобильный кузов, контрейлерный терминал.

**Для цитирования:** Гусейнов, Р. Р. Техничко-технологические параметры железнодорожных станций погрузки и выгрузки твердых коммунальных отходов, перевозимых с использованием контрейлерной технологии / Р. Р. Гусейнов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 72–83. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_72.

*R. R. Guseynov*

## TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF RAILWAY STATIONS FOR LOADING AND UNLOADING MUNICIPAL SOLID WASTE TRANSPORTED USING CONTRAILER TECHNOLOGY

**Abstract.** The developed technical and technological parameters of railway stations for loading and unloading in the largest metropolises of the Russian Federation of solid municipal waste transported using piggyback technology are presented, including requirements for track and terminal-warehouse station infrastructure, the choice of a rational method for organizing the reception of municipal waste at the railway transport, the type of rolling stock used for the implementation of these transportations, methods of performing loading and unloading operations with the transported cargo, as well as requirements for train formation, economics of the transportation process, compliance with environmental requirements taking into account the legislation of the Russian Federation and the possibility of applying the tariff policy of JSC Russian Railways as part of the project for organizing the transportation of solid municipal waste by rail, etc.

**Keywords:** railway stations, container transportation, municipal solid waste, removable car body, contrailer terminal.

**For citation:** Guseynov, R. R. Technical and technological parameters of railway stations for loading and unloading municipal solid waste transported using contrailer technology / R. R. Guseynov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 72–83. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_72.

### Сведения об авторах

Гусейнов Рамис Расим оглы  
ООО «ДД-Групп»,  
советник генерального директора,  
e-mail: guseinov\_ramis@mail.ru

### Information about the authors

Guseynov Ramis Rasim ogly  
LLC «DD-Group»,  
Advisor to the General Director,  
e-mail: guseinov\_ramis@mail.ru

## ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СМЕШАННЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ QLIKVIEW

**Аннотация.** Представлен концептуальный подход к практическому опыту управления смешанными перевозками, показаны авторские предложения по использованию облачных технологий в части экономической цифровизации логистических потоков, разработаны и измерены статистические показатели эффективности перевозок и представлена динамика изменения показателей в проекции к определенному типу логистического потока. На основании сравнительного анализа показана вариация ставок в национальной валюте (рубли) на перевозки в зависимости от рыночных трендов предложения услуг в сфере транспортной логистики. Продемонстрированы возможности интеграции облачных технологий в систему управления логистическими потоками и возможностями принятия решений на основании тенденций изменений экономических показателей. Дано авторское определение термина «перегон».

**Ключевые слова:** смешанные перевозки, интеграция облачных технологий в управление транспортной логистикой, показатели экономической эффективности логистических потоков.

**Для цитирования:** Курганова, Н. В. Организация управления смешанными перевозками с использованием облачных технологий на примере QlikView / Н. В. Курганова, А. А. Сазонов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 84–90. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_84.

*N. V. Kurganova, A. A. Sazonov*

## ORGANIZATION OF MULTIMODAL TRANSPORTATION MANAGEMENT USING CLOUD TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF QLIKVIEW

**Abstract.** The paper presents a conceptual approach to the practical experience of multimodal transport management, shows the author's proposals for the use of cloud technologies in terms of economic digitalization of logistics flows, develops and measures statistical indicators of transportation efficiency and presents the dynamics of changes in indicators in projection to a certain type of logistics flow. Based on a comparative analysis, the variation of rates in national currency (rubles) for transportation is shown depending on market trends in the supply of services in the field of transport logistics. The possibilities of integrating cloud technologies into the logistics flow management system and decision-making capabilities based on trends in economic indicators are demonstrated. The author's definition of "distillation" is given.

**Keywords:** multimodal transportation, integration of cloud technologies into transport logistics management, indicators of economic efficiency of logistics flows.

**For citation:** Kurganova, N. V. Organization of multimodal transportation management using cloud technologies on the example of QlikView / N. V. Kurganova, A. A. Sazonov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 84–90. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_84.

### Сведения об авторах

#### **Курганова Надежда Владимировна**

Российский университет транспорта (РУТ МИИТ),  
кафедра «УТБиИС ИУЦТ»,  
аспирант,  
e-mail: kurganovanadya@inbox.ru

#### **Сазонов Алексей Александрович**

ООО «СИМ-Авто»,  
кандидат экономических наук,  
директор по логистике,  
e-mail: sazalex@mail.ru

### Information about the authors

#### **Kurganova Nadezhda Vladimirovna**

Russian University of Transport (RUT MIIT),  
Chair «UTBiIS IUTST»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: kurganovanadya@inbox.ru

#### **Sazonov Alexey Alexandrovich**

LLC «SIM-Auto»,  
Candidate of Economic Sciences,  
Head of Logistics,  
e-mail: sazalex@mail.ru

## **НЕОБХОДИМОСТЬ УСИЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ БАЙКАЛО-АМУРСКОЙ МАГИСТРАЛИ В ЦЕЛЯХ ГОТОВНОСТИ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА К ПЛАНОВЫМ ГРУЗОПОТОКАМ**

**Аннотация.** С целью продвижения ежегодно увеличивающегося грузопотока на восточном направлении движения, а также в рамках реализации инвестиционного проекта «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей» структурным подразделениям железнодорожного транспортного комплекса необходимо регулярно принимать корректирующие технические решения, направленные на оптимизацию технологических процессов, возврат к реализации альтернативного инфраструктурного комплекса железнодорожных магистралей, частичную модернизацию имеющейся инфраструктуры.

В условиях прироста объемов погрузки предприятиями добывающего и промышленного комплексов, расположенными в границах Восточного полигона железных дорог, для увеличения объемов добычи сырьевых грузов предусматривается проведение комплекса реконструктивных мероприятий, направленных на увеличение пропускной способности, основным из которых, по мнению авторов, является оптимизация путевого развития инфраструктуры общего и необщего пользования железнодорожных станций. Проведенный анализ отдельного транспортного объекта БАМ доказал необходимость модернизации инфраструктуры с целью удовлетворения потребностей предприятия в отгрузке полезных ископаемых с учетом двукратного прироста грузопотока и перспективных объемов перевозок по Байкало-Амурской магистрали в рамках развития промышленного комплекса страны в целом.

**Ключевые слова:** Восточный полигон железных дорог, пропускная и перерабатывающая способности, инфраструктурный комплекс, реконструктивные мероприятия, перевозочный потенциал.

**Для цитирования:** Оленцевич, В. А. Необходимость усиления перевозочного потенциала железнодорожной станции Байкало-Амурской магистрали в целях готовности инфраструктурного комплекса к плановым грузопотокам / В. А. Оленцевич, Е. В. Каимов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 91–100. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_91.

## **THE NEED TO STRENGTHEN THE TRANSPORTATION CAPACITY THE RAILWAY STATION OF THE BAIKAL-AMUR MAINLINE IN ORDER TO READINESS OF THE INFRASTRUCTURE COMPLEX FOR PLANNED CARGO FLOWS**

**Abstract.** In order to promote the annually increasing freight traffic in the eastern movement direction and according to the investment project "Modernization of the railway infrastructure of the Baikal-Amur and Trans-Siberian railway with the development of throughput and carrying capacity" the structural authorities of the railway transport complex need to make the right technical decisions aimed at optimizing technological processes, returning to implementation of an alternative railway infrastructure complex and the partial modernization of the existing infrastructure.

In the conditions of an increase in the volume of loading by enterprises of mining and industrial complexes located within the boundaries of the Eastern Landfill of the same roads, in order to increase the extraction of raw materials, it is envisaged to conduct a set of reconstructive measures aimed at increasing throughput, the main of which, according to the authors, is the optimization of the track development of the infrastructure of non-public railway stations. The analysis of a separate transport facility proves the need to modernize the infrastructure of non-public use in order to meet the required needs of the enterprise in the shipment of minerals, taking into account the twofold increase in cargo traffic and promising volumes of transportation along the Baikal-Amur mainline as part of the development of the industrial complex of the country as a whole.

**Keywords:** eastern railway polygon, throughput and processing capacity, infrastructure complex, reconstruction measures and transportation potential.

**For citation:** Olentsevich, V. A. The need to strengthen the transportation capacity the railway station of the Baikal-Amur mainline in order to readiness of the infrastructure complex for planned cargo flows / V. A. Olentsevich, E. V. Kaimov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 91–100. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_91.

#### Сведения об авторах

**Оленцевич Виктория Александровна**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), кафедра «Управление эксплуатационной работой», кандидат технических наук, доцент, e-mail: olencevich\_va@mail.ru

**Каимов Евгений Витальевич**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), кафедра «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», кандидат технических наук, e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru

#### Information about the authors

**Olentsevich Victoriya Alexandrovna**

Irkutsk State Transport University (ISTU), Chair «Management Operation Work», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: olencevich\_va@mail.ru

**Kaimov Evgeniy Vital'evich**

Irkutsk State Transport University (ISTU), Chair «Building of Railways, Bridges and Tunnels», Candidate of Engineering Sciences, e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru

УДК 656.073

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_101

*С. Э. Ольховиков, Е. А. Петренива*

### АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗЕРНОВОГО ХАБА НА ТЕРРИТОРИИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы организации зернового хаба на территории Западной Сибири. Учитывая большую протяженность территории Российской Федерации, особенности регионов Западной Сибири по производству, наличие различных климатических зон и, как следствие, наличие дефицитных и профицитных административно-территориальных единиц, необходимости наращивания экспортного потенциала, назрела необходимость пересмотра существующей логистики доставки зерновых грузов. Анализ внутреннего потребления зерна в стране показал неравномерность производства и потребления, были сформированы транспортно-логистические схемы транспортировки зерновых грузов от производителей к потребителям как на территории страны, так и на экспорт через зерновой хаб, по которым разработаны маршруты перевозки и рассчитаны тарифы. В результате чего предложен проект организации зернового хаба на территории Новосибирского транспортного узла.

**Ключевые слова:** зерновые грузы, перевозки, цепь поставок, транспортно-логистические схемы, зерновой хаб, грузовой терминал, контейнерный терминал, терминально-складской комплекс, распределительный центр, транспортно-логистическая инфраструктура, транспортные коридоры, транспортный узел.

**Для цитирования:** Ольховиков, С. Э. Анализ возможности организации зернового хаба на территории Новосибирской области / С. Э. Ольховиков, Е. А. Петренива // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 101–111. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_101.

*S. E. Olkhovikov, E. A. Petreneva*

### ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF ORGANIZING A GRAIN HUB IN THE NOVOSIBIRSK REGION

**Abstract.** The issues of organizing a grain hub in Western Siberia are considered. Considering the large extent of the territory of the Russian Federation, the peculiarities of the regions of Western Siberia in terms of production, the presence of different climatic zones, and, as a consequence, the presence of deficit and surplus administrative-territorial units, the need to increase export potential, there is an urgent need to review the existing logistics of grain cargo delivery. An analysis of the country's domestic grain consumption showed uneven production and consumption; transport and logistics schemes were formed for transporting grain cargo from producers to consumers both within the country and for export through a grain hub, for which transportation routes were developed and calculated rates. As a result, a project was proposed for organizing a grain hub on the territory of the Novosibirsk transport hub.

**Keywords:** grain cargo, transportation, supply chain, transport and logistics schemes, grain hub, cargo terminal, container terminal, terminal and warehouse complex, distribution center, transport and logistics infrastructure, transport corridors, transport hub.

**For citation:** Olkhovikov, S. E. Analysis of the possibility of organizing a grain hub in the Novosibirsk region / S. E. Olkhovikov, E. A. Petreneva // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 101–111. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_101.

#### Сведения об авторах

**Ольховиков Сергей Эдуардович**

Сибирский университет путей сообщения (СГУПС),  
кафедра «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав»,  
кандидат экономических наук, доцент,  
e-mail: smot@mail.ru

**Петренива Елена Алексеевна**

Сибирский университет путей сообщения (СГУПС),  
кафедра «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав»,  
преподаватель,  
e-mail: petreneva.ea@mail.ru

#### Information about the authors

**Olkhovikov Sergey Eduardovich**

Siberian Transport University (STU),  
Chair «Logistics, Commercial Work and Rolling Stock»,  
Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: smot@mail.ru

**Petreneva Elena Alekseyevna**

Siberian Transport University (STU),  
Chair «Logistics, Commercial Work and Rolling Stock»,  
Lecturer,  
e-mail: petreneva.ea@mail.ru

УДК 339.543

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_112

*П. С. Шевчук, В. А. Иванова*

### ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ В МНОГОСТОРОННЕМ АВТОМОБИЛЬНОМ ПУНКТЕ ПРОПУСКА

**Аннотация.** В статье описан порядок перемещения драгоценных металлов через таможенную границу Евразийского экономического союза в многостороннем автомобильном пункте пропуска, рассмотрены технические средства таможенного контроля, применяемые для идентификации драгоценных металлов, принцип их работы и основные характеристики. Показано, что поиск и идентификация драгоценных металлов в ювелирных изделиях требует применения таких методик и технических средств, которые бы в предельно короткое время в оперативных условиях с достаточно высокой степенью достоверности могли бы определять: относится ли материал исследуемого изделия к драгоценным – золоту, серебру или металлам платиновой группы – и каков процент его содержания в изделии, т.е. его проба. Определены наиболее эффективные технические средства идентификации.

**Ключевые слова:** драгоценные металлы, идентификация, технические средства таможенного контроля, специализированный таможенный пост, автомобильный пункт пропуска.



**Для цитирования:** Шевчук, П. С. Технические средства таможенного контроля, используемые для идентификации драгоценных металлов в многостороннем автомобильном пункте пропуска / П. С. Шевчук, В. А. Иванова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 112–120. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_112.

*P. S. Shevchuk, V. A. Ivanova*

## **TECHNICAL MEANS OF CUSTOMS CONTROL USED TO IDENTIFY PRECIOUS METALS AT A MULTILATERAL AUTOMOBILE CHECKPOINT**

**Abstract.** The article describes the procedure for moving precious metals across the customs border of the Eurasian Economic Union at a multilateral automobile checkpoint, examines the technical means of customs control used to identify precious metals, the principle of their operation and the main characteristics. It is shown that the search and identification of precious metals in jewelry requires the use of such techniques and technical means that in an extremely short time in operational conditions with a sufficiently high degree of reliability could determine whether the material of the studied product belongs to precious metals – gold, silver or platinum group metals – and what percentage of its content in the product, that is, his sample. The most effective technical means of identification have been identified.

**Keywords:** precious metals, identification, technical means of customs control, specialized customs post, automobile checkpoint.

**For citation:** Shevchuk, P. S. Technical means of customs control used to identify precious metals at a multilateral automobile checkpoint / P. S. Shevchuk, V. A. Ivanova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 112–120. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_112.

### **Сведения об авторах**

#### **Шевчук Петр Сергеевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Информатика»

Ростовский филиал Российской таможенной академии,  
кафедра «Таможенные операции и таможенный контроль»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: petr.shevchuk@mail.ru

#### **Иванова Вероника Алексеевна**

Ростовский филиал Российской таможенной академии,  
факультет «Таможенное дело»,  
студентка,  
e-mail: veronikakiti@yandex.ru

### **Information about the authors**

#### **Shevchuk Petr Sergeevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Informatics»

Rostov branch of the Russian Customs Academy,  
Chair «Customs Operations and Customs Control»,  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
e-mail: petr.shevchuk@mail.ru

#### **Ivanova Veronika Alekseevna**

Rostov branch of the Russian Customs Academy,  
Faculty of Customs,  
Student,  
e-mail: veronikakiti@yandex.ru

УДК 656.222 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_121

*Е. А. Чеботарева, А. Г. Черняев, Е. В. Рязанова, В. В. Буровцев*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОЕЗДОВ ПОВЫШЕННОЙ ДЛИНЫ НА ГРУЗОНАПРЯЖЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ПРИПОРТОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

**Аннотация.** Рассмотрены задачи и возможные направления повышения эффективности работы железнодорожных станций на грузонапряженных направлениях в условиях ограниченных пропускных способностей участков припортовых железных дорог. Актуали-

зированы задачи сбалансированного управления работой станций и участков в логистических схемах доставки грузов. Выполнен анализ составности отправляемых поездов своего формирования и возможные механизмы управления указанным параметром. В качестве объекта рассмотрен участок между крупнейшей припортовой станцией Новороссийск Северо-Кавказской железной дороги и сортировочной станцией Батайск.

Основной целью исследования является выработка мероприятий по повышению эффективности работы станций в условиях ограниченных пропускных способностей направлений с целью ускорения пропуска вагонопотоков по полигону. С этой целью выполнен анализ составности поступающего поездопотока на станцию Новороссийск по прибытию и отправлению за несколько лет, рассматривается статистика по количеству отправленных поездов повышенной длины (ППД), анализируется опыт организации ППД на других направлениях.

Предложены направления повышения эффективности работы рассматриваемых станций за счет изменения доли поездов повышенной длины с последующим возможным тиражированием данного опыта и на другие железнодорожные станции.

**Ключевые слова:** транспортные системы, железнодорожный транспорт, эксплуатационная работа, припортовые станции, план формирования поездов, поезда повышенной длины, пропускная способность.

**Для цитирования:** Формирование поездов повышенной длины на грузонапряженных направлениях припортовой железной дороги / Е. А. Чеботарева, А. Г. Черняев, Е. В. Рязанова, В. В. Буровцев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 121–130. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_121.

*E. A. Chebotareva, A. G. Chernyaev, E. V. Ryazanova, V. V. Burovtsev*

#### **THE FORMING INCREASED LENGTH TRAINS IN HIGH TRAFFIC DIRECTIONS PORT RAILWAY**

**Abstract.** The paper considers the tasks and possible directions of increasing the efficiency of railway stations on cargo-stressed routes in conditions of limited capacity of sections of port railways. The tasks of balanced management of stations and sections in logistics schemes of cargo delivery are actualized. The analysis of the composition of the sent trains of their formation and possible control mechanisms for this parameter is carried out. The site between the largest port station Novorossiysk of the North Caucasus Railway and the Bataysk marshaling yard is considered as an object. The main purpose of the study is to develop measures to improve the efficiency of stations in conditions of limited capacity of directions in order to accelerate the passage of car traffic through the landfill. For this purpose, the analysis of the composition of the incoming train traffic to the Novorossiysk station on arrival and departure for several years has been carried out, statistics on the number of sent trains of increased length (PPD) are considered, the experience of organizing PPD in other directions is analyzed.

The directions of increasing the efficiency of the stations under consideration by changing the proportion of trains of increased length with subsequent possible replication of this experience to other railway stations are proposed.

**Keywords:** transport systems, railway transport, operational work, port stations, train formation plan, trains of increased length, capacity.

**For citation:** The forming increased length trains in high traffic directions port railway / E. A. Chebotareva, A. G. Chernyaev, E. V. Ryazanova, V. V. Burovtsev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 121–130. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_121.

#### **Сведения об авторах**

**Чеботарева Евгения Андреевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,

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

**Chebotareva Evgeniya Andreyevna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Candidate of Engineering Sciences,

кандидат технических наук, доцент,

e-mail: abrosimova@ya.ru

**Черняев Алексей Геральдович**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: uer@rgups.ru

**Рязанова Екатерина Владимировна**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: uer@rgups.ru

**Буровцев Владимир Викторович**

Дальневосточный государственный университет  
путей сообщения (ДВГУПС),  
кафедра «Менеджмент»,  
доктор экономических наук, профессор,  
e-mail: burovcev@mail.ru

Associate Professor,

e-mail: abrosimova@ya.ru

**Chernyaev Alexey Geraldovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: uer@rgups.ru

**Ryazanova Ekaterina Vladimirovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: uer@rgups.ru

**Burovtsev Vladimir Viktorovich**

Far Eastern State Transport University  
(FESTU),  
Chair «Management»,  
Doctor of Economic Sciences, Professor,  
e-mail: burovcev@mail.ru

## ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ И ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 621.878

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_131

*М. Е. Николаев, О. В. Душко, В. А. Перфилов, Н. В. Захаров*

### ФРОНТАЛЬНЫЙ ПОГРУЗЧИК С МАНИПУЛЯТОРОМ-ТРИПОДОМ

**Аннотация.** В современном мире на промышленных объектах все большее применение находят фронтальные погрузчики для погрузки цилиндрических штучных грузов. При штабелировании бочек или труб в некоторых случаях необходимо производить как дополнительное маневрирование шасси, так и дополнительное позиционирование грузозахватным органом погрузчика. Для этого целесообразно использовать фронтальный погрузчик с манипулятором-триподом. Рассмотрен процесс перемещения грузозахватного органа от момента захвата объекта до момента его погрузки. Разработана конструкция механизма погрузочно-транспортного агрегата. Рассчитана рабочая зона обслуживания погрузчика, которая, в свою очередь, является увеличенной по сравнению с базовой моделью за счет использования двухосного шасси, пространственно-параллелограммного механизма, телескопических приводов и манипулятора-трипода. Проведен геометрический, структурный и кинематический анализ. Исследования показали, что необходимое время на обход препятствий с учетом использования двухосного шасси составляет на 14 % меньше, а коэффициент производительности погрузчика равен 0,75 по отношению к базовой модели (патент RU 2722747 С1, Бюл. № 16).

**Ключевые слова:** фронтальный погрузчик, рабочая зона, манипулятор-трипод, двухосное шасси, структурный синтез, геометрический синтез, кинематический синтез, телескопические приводы, пространственно-параллелограммный механизм.

**Для цитирования:** Фронтальный погрузчик с манипулятором-триподом / М. Е. Николаев, О. В. Душко, В. А. Перфилов, Н. В. Захаров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 131–137. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_131.

*М. Е. Nikolaev, O. V. Dushko, V. A. Perfilov, N. V. Zakharov*

### FRONT LOADER WITH TRIPOD MANIPULATOR

**Abstract.** In the modern world, the front-end loaders for loading cylindrical piece loads are increasingly used in industrial facilities. When stacking barrels or pipes, in some cases it

is necessary to perform both additional maneuvering of the chassis and additional positioning by the loader's lifting body. To do this, it is advisable to use a front loader with a tripod manipulator. The process of moving a cargo-handling body from the moment of object capture to the moment of its loading is considered. The design of the loading and transport unit mechanism has been developed. The working area of the loader is calculated, which, in turn, is enlarged compared to the base model due to the use of a two-axle chassis, a space-parallelogram mechanism, telescopic drives and a tripod manipulator. Geometric, structural and kinematic analysis was carried out. Studies have shown that the required time to bypass obstacles, taking into account the use of a two-axle chassis, is 14 % less, and the loader's performance coefficient is 0,75 relative to the base model (patent RU 2722747 C1, Issue No. 16).

**Keywords:** front loader, work area, tripod manipulator, biaxial chassis, structural synthesis, geometric synthesis, kinematic synthesis, telescopic drives, spatial parallelogram mechanism.

**For citation:** Front loader with tripod manipulator / M. E. Nikolaev, O. V. Dushko, V. A. Perfilov, N. V. Zakharov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 131–137. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_131.

### Сведения об авторах

#### **Николаев Максим Евгеньевич**

Институт архитектуры и строительства  
Волгоградского государственного технического  
университета (ИАиС ВолГТУ),  
кафедра «Нефтегазовые сооружения»,  
кандидат технических наук,  
старший преподаватель,  
e-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru

#### **Душко Олег Викторович**

Институт архитектуры и строительства  
Волгоградского государственного технического  
университета (ИАиС ВолГТУ),  
первый проректор-директор,  
e-mail: ovd28@mail.ru

#### **Перфилов Владимир Александрович**

Институт архитектуры и строительства  
Волгоградского государственного технического  
университета (ИАиС ВолГТУ),  
кафедра «Нефтегазовые сооружения»,  
заведующий кафедрой,  
e-mail: vladimirperfilov@mail.ru

#### **Захаров Николай Вячеславович**

Институт архитектуры и строительства  
Волгоградского государственного технического  
университета (ИАиС ВолГТУ),  
кафедра «Нефтегазовые сооружения»,  
студент,  
e-mail: n.zakharov1@mail.ru

### Information about the authors

#### **Nikolaev Maxim Evgenievich**

Institute of Architecture and Construction of  
Volgograd State Technical University (IAiS  
Vlgstu),  
Chair «Oil and Gas Structures»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Senior Lecturer,  
e-mail: Mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru

#### **Dushko Oleg Viktorovich**

Institute of Architecture and Construction of  
Volgograd State Technical University (IAiS  
Vlgstu),  
First Vice-Rector-Director,  
e-mail: ovd28@mail.ru

#### **Perfilov Vladimir Alexandrovich**

Institute of Architecture and Construction of  
Volgograd State Technical University (IAiS  
Vlgstu),  
Chair «Oil and Gas Structures»,  
Head of the Chair,  
e-mail: vladimirperfilov@mail.ru

#### **Zakharov Nikolay Vyacheslavovich**

Institute of Architecture and Construction of  
Volgograd State Technical University (IAiS  
Vlgstu),  
Chair «Oil and Gas Structures»,  
Student,  
e-mail: n.zakharov1@mail.ru

УДК 533.6.071

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_138

*О. И. Поддаева, П. С. Чурин, А. Н. Федосова, Ю. С. Грибач, А. А. Локтев, Л. А. Илларионова*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБЪЕКТЫ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**Аннотация.** Развитие транспортной инфраструктуры происходит по нескольким направлениям. Одним из основных является совершенствование внеуличного транспорта, что связано с высотой плотности организации пространства современного го-

рода. Перспективным является проектирование строительства канатных дорог, эксплуатация которых связана с необходимостью решения ряда научных задач. Одной из ключевых задач является обеспечение безопасности и комфорта пассажиров, а также устойчивости и надежности конструкций. Специфика такого транспорта базируется на свободных и вынужденных колебаниях, одной из причин которых является ветровое воздействие, носящее во многом случае случайный характер. Для учета этого фактора предлагается использовать аппарат статического анализа.

**Ключевые слова:** аэродинамика, аэродинамическая труба, ветровое воздействие, случайные процессы, обработка результатов эксперимента, перспективный транспорт.

**Для цитирования:** Экспериментальные исследования ветрового воздействия на объекты транспортной инфраструктуры / О. И. Поддаева, П. С. Чуринов, А. Н. Федосова [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 138–145. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_138.

*O. I. Poddaeva, P. S. Churin, A. N. Fedosova, Yu. S. Gribach, A. A. Loktev, L. A. Illarionova*

### EXPERIMENTAL STUDIES OF WIND IMPACT ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS

**Abstract.** The development of transport infrastructure takes place in several directions. One of the main is the improvement of off-street transport, which is associated with the high density of space organization in a modern city. Promising is the design of the construction of cable cars, the operation of which is associated with the need to solve a number of scientific problems. One of the key tasks is to ensure the safety and comfort of passengers, as well as the stability and reliability of structures. The specificity of such transport is based on free and forced vibrations, one of the reasons for which is the wind effect, which in many cases is random in nature. To take this factor into account, it is proposed to use a static analysis apparatus.

**Keywords:** aerodynamics, wind tunnel, wind impact, random processes, experimental results processing, advanced transport.

**For citation:** Experimental studies of wind impact on transport infrastructure objects / O. I. Poddaeva, P. S. Churin, A. N. Fedosova [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 138–145. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_138.

#### Сведения об авторах

##### **Поддаева Ольга Игоревна**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций, кандидат технических наук, доцент, e-mail: PoddaevaOI@gmail.com

##### **Федосова Анастасия Николаевна**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций, кандидат технических наук, доцент, e-mail: mgsu-misi@list.ru

#### Information about the authors

##### **Poddaeva Olga Igorevna**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Educational, Scientific and Production Laboratory for Aerodynamic and Aeroacoustic Tests of Building Structures, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, e-mail: PoddaevaOI@gmail.com

##### **Fedosova Anastasia Nikolaevna**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Educational, Scientific and Production Laboratory for Aerodynamic and Aeroacoustic Tests of Building Structures, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, e-mail: mgsu-misi@list.ru

**Чурин Павел Сергеевич**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций, кандидат технических наук, доцент, e-mail: kanz@mgsu.ru

**Локтев Алексей Алексеевич**

Российский университет транспорта (МИИТ), кафедра «Транспортное строительство», доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой, e-mail: aaloktev@yandex.ru

**Илларионова Лилия Алексеевна**

Российский университет транспорта (МИИТ), кафедра «Здания и сооружения на транспорте» кандидат технических наук, доцент кафедры, e-mail: illarionova.roat@mail.ru

**Churin Pavel Sergeevich**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Educational, Scientific and Production Laboratory for Aerodynamic and Aeroacoustic Tests of Building Structures, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, e-mail: kanz@mgsu.ru

**Loktev Alexey Alekseevich**

Russian University of Transport (MIIT), Chair «Transport Construction», Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Chair, e-mail: aaloktev@yandex.ru

**Illarionova Lilia Alekseevna**

Russian University of Transport (MIIT), Chair «Buildings and Structures in Transport», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: illarionova.roat@mail.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ**

УДК 001 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_146

*С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий***АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ ИТИ'23**

**Аннотация.** В период с 25 по 29 сентября 2023 года в г. Санкт-Петербурге прошла Седьмая международная научная конференция «Интеллектуальные информационные технологии в технике и на производстве» (ИТИ'23), организованная ФГБОУ ВО «Ростовским государственным университетом путей сообщения», СПбГУ и ИТМО при поддержке Российской ассоциации искусственного интеллекта. Целью ИТИ'23 является объединение передового международного опыта в области разработки и внедрения современных методов автоматизации, цифровизации и искусственного интеллекта в фундаментальных и прикладных науках, а также развитие контактов в этой области. В статье приводится краткое реферирование представленных на конференции наиболее интересных докладов, включая два пленарных доклада и анализ работы круглого стола.

**Ключевые слова:** интеллектуальные информационные технологии, искусственный интеллект, мягкие вычисления, интеллектуализация промышленности.

**Для цитирования:** Ковалев, С. М. Аналитический обзор трудов конференции ИТИ'23 / С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 146–163. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_146.

*S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgiy***ANALYTICAL REVIEW OF THE PROCEEDINGS OF THE ИТИ'23 CONFERENCE**

**Abstract.** During the period from September 25 to September 29, 2023, the seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies in Engineering and Manufacturing” (ИТИ'23) was held in St. Petersburg. It was organized by the Rostov State Transport

University, St. Petersburg State University and ITMO with the support of the Russian Association of Artificial Intelligence. The goal of the IITI'23 is to combine advanced international experience in the development and implementation of modern methods of automation, digitalization and artificial intelligence in basic and applied sciences as well as to develop contacts in these spheres. The paper provides a brief summary of the most interesting reports presented at the conference, including two plenary reports and an analysis of the work of the round table.

**Keywords:** intelligent information technologies, artificial intelligence, soft computing, industrial intellectualization.

**For citation:** Kovalev, S. M. Analytical review of the proceedings of the IITI'23 conference / S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgij // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 146–163. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_146.

#### **Сведения об авторах**

##### **Ковалев Сергей Михайлович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», профессор

Ростовский филиал АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (РостФ НИИАС), главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, e-mail: ksm@rfniias.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

##### **Долгий Александр Игоревич**

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС), кандидат технических наук, доцент, генеральный директор, e-mail: info@vniias.ru

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

##### **Kovalev Sergey Mikhailovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Automatics and Remote Control on Railway Transport», Professor

JSC «NIIAS», Rostov Branch, Chief Scientific Researcher, Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: ksm@rfniias.ru

##### **Guda Alexander Nikolayevich**

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

##### **Dolgij Alexander Igorevich**

JSC «NIIAS», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, General Manager, e-mail: info@vniias.ru

УДК 001.51

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_164

*П. Ю. Иванов*

**РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ УПРОЩЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Аннотация.** Рассмотрена проблема моделирования работы различных пневматических систем, в частности вопроса истечения воздуха из резервуара в атмосферу. Применяемые в настоящее время расчетные модели пневматических систем строятся на достаточно сложных уравнениях, взятых из газодинамики и гидравлики. Для упрощения инженерных расчетов и снижения нагрузки на вычислительную технику при моделировании были предложены методика и расчетные уравнения истечения сжатого воздуха из резервуара с заданными объемом и площадью выходного отверстия. Было произведено теоретическое обоснование предложенных уравнений через построение энергетического баланса. Также предложено уравнение, позволяющее на основе экспоненциальной функции при известном объеме, начальном давлении и площади выходного отверстия смоделировать процесс выхода воздуха в атмосферу. Произведено сравнение полученных уравнений с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** математическое моделирование пневматических процессов, скорость воздушной волны, компьютерное моделирование, сжатый воздух, уравнение газодинамики, подвижной состав, пневматические тормоза поезда, пневматические системы.

**Для цитирования:** Иванов, П. Ю. Разработка теории упрощенных математических моделей пневматических процессов / П. Ю. Иванов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 164–174. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_164.

*P. Yu. Ivanov*

## **THEORY DEVELOPMENT OF SIMPLIFIED MATHEMATICAL MODELS OF PNEUMATIC PROCESSES**

**Abstract.** This paper solves the problem of modeling the operation of pneumatic systems, in particular the issue of air outflow from the tank into the atmosphere. The calculation models of pneumatic systems currently used are based on rather complex equations taken from gas dynamics and hydraulics. To simplify engineering calculations and reduce the load on computing equipment during modeling, a methodology and calculation equations for the outflow of compressed air from a tank with a given volume and area of the outlet were proposed. The theoretical substantiation of the proposed equations through the construction of the energy balance was carried out. An equation is also proposed that allows, based on an exponential function for a known volume, initial pressure and outlet area, to simulate the process of air escaping into the atmosphere. The obtained equations are compared with experimental data.

**Keywords:** mathematical modeling of pneumatic processes, air wave speed, computer modeling, compressed air, gas dynamics equation, rolling stock, train pneumatic brakes, pneumatic systems.

**For citation:** Ivanov, P. Yu. Theory development of simplified mathematical models of pneumatic processes / P. Yu. Ivanov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 164–174. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_164.

### **Сведения об авторах**

#### **Иванов Павел Юрьевич**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),  
кафедра «Электроподвижной состав»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: savl.[ivanov@mail.ru](mailto:ivanov@mail.ru)

### **Information about the authors**

#### **Ivanov Pavel Yurievich**

Irkutsk State Transport University (IrGUPS),  
Chair «Electric rolling stock»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: savl.ivanov@mail.ru

УДК 656.11 : 519.8

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_175

*М. Е. Корягин, В. И. Медведев, Ю. В. Швец*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ДОРОЖНОЙ СЕТИ ПО ВТОРОМУ ПРИНЦИПУ ВАРДРОПА**



## НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ГРИНШИЛДСА

**Аннотация.** Рассмотрен обзор работ по второму принципу Вардропа (системный оптимум), показывающему оптимальное для общества распределение автомобильных потоков по транспортной сети. В обзоре показано, что с помощью современных ИТС-технологий, запрета проезда по участкам улично-дорожной сети (УДС) можно стимулировать поведение пассажиров и приблизиться к «системному оптимуму». Модель времени передвижения в зависимости от интенсивности транспортного потока получена для классической модели Гриншилдса. На основе этой модели получено распределение транспортных потоков по второму принципу Вардропа в случае «узкой» и «широкой» дорог и двух «узких» дорог. Получены аналитические формулы для расчета распределения автомобилей по двум дорогам. Приведен численный пример, показывающий отличие принципов Вардропа – «конкурентного равновесия» и «системного оптимума».

**Ключевые слова:** транспортный поток, выбор маршрута передвижения, принципы Вардропа, системный оптимум, модель Гриншилдса.

**Для цитирования:** Корягин, М. Е. Математическая модель распределения автомобилей по дорожной сети по второму принципу Вардропа на основе модели Гриншилдса / М. Е. Корягин, В. И. Медведев, Ю. В. Швец // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 175–183. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_175.

*M. E. Koryagin, V. I. Medvedev, Yu. V. Shvets*

## MATHEMATICAL MODEL OF CARS DISTRIBUTION ALONG THE ROAD NETWORK ACCORDING TO THE SECOND WARDROP PRINCIPLE BASED ON THE GREENSHIELDS MODEL

**Abstract.** The paper considers a review of works on the second principle of Wardrop which shows the optimal distribution of car flows for society along the transport network. The review shows that by using modern ITS technologies, the prohibition of travel through sections of the road network can stimulate the behavior of passengers and approach the “systemic optimum”. The travel time model depending on the intensity of the traffic flow was obtained for the classical Greenshields model. Based on this model, the distribution of traffic flows was obtained according to the second Wardrop principle: in the case of “narrow” and “wide” roads; two “narrow” roads. Analytical formulas are obtained for calculating the distribution of cars along two roads. A numerical example is given showing the difference between the principles of Wardrop: “competitive equilibrium” and “systemic optimum”.

**Keywords:** traffic flow, route selection, Wardrop principles, system optimum, Greenshields model.

**For citation:** Koryagin, M. E. Mathematical model of cars distribution along the road network according to the second Wardrop principle based on the Greenshields model / M. E. Koryagin, V. I. Medvedev, Yu. V. Shvets // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 175–183. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_175.

### Сведения об авторах

#### **Корягин Марк Евгеньевич**

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), кафедра «Высшая математика», доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, e-mail: markkoryagin@yandex.ru

### Information about the authors

#### **Koryagin Mark Evgenievich**

Siberian State Transport University (SSTU), Chair «Higher Mathematics», Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Chair, e-mail: markkoryagin@yandex.ru

**Медведев Владимир Ильич**  
Сибирский государственный университет  
путей сообщения (СГУПС),  
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: medvedevvi2017@yandex.ru

**Швец Юлия Владимировна**  
Сибирский государственный университет  
путей сообщения (СГУПС),  
кафедра «Высшая математика»,  
доцент

Сибирский государственный университет  
водного транспорта (СГУВТ),  
кафедра «Высшая математика и информатика»,  
кандидат педагогических наук, доцент,  
e-mail: julietta2905@mail.ru

**Medvedev Vladimir Ilyich**  
Siberian State Transport University (SSTU),  
Chair «Life Safety»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: medvedevvi2017@yandex.ru

**Shvets Julia Vladimirovna**  
Siberian State Transport University (SSTU),  
Chair «Higher Mathematics»,  
Associate Professor

Siberian State University of Water Transport  
(SGUVT),  
Chair «Higher Mathematics and Computer Science»,  
Candidate of Pedagogical Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: julietta2905@mail.ru

## ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.331

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_184

*А. А. Комяков, Т. В. Комякова, А. И. Шкулов*

### ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИКА ЭЛЕКТРОТЯГОВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения вероятностного подхода для формирования графика электротяговой нагрузки при имитационном моделировании системы тягового электроснабжения. В качестве базового выбран метод, основанный на применении универсальной выравнивающей функции на основе гамма-распределения. Оценка эффективности аппроксимации выполнена с применением критерия Колмогорова. Показано, что для задания тяговой нагрузки единичного поезда на участках со сравнительно простым профилем пути возможно использование указанного метода с параметрами гамма-распределения, определяемыми через коэффициент эффективности тока нагрузки. На основе авторской модели в программном комплексе SimInTech выполнено двухвариантное имитационное моделирование системы тягового электроснабжения для фактического и вероятностного графика тяговой нагрузки. Это позволяет говорить о том, что вероятностный график может быть применен вместо реального графика для определения расхода и потерь электроэнергии в тяговой сети. Показаны границы применения указанного метода. Установлено, что для тяговой нагрузки фидеров контактной сети требуется корректировка параметров гамма-распределения на основе итерационных методов расчета.

**Ключевые слова:** система тягового электроснабжения, имитационное моделирование, тяговая нагрузка, гамма-распределение, потери электроэнергии.

**Для цитирования:** Комяков, А. А. Применение вероятностного подхода для формирования графика электротяговой нагрузки при имитационном моделировании системы тягового электроснабжения / А. А. Комяков, Т. В. Комякова, А. И. Шкулов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 184–192. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_184.

*A. A. Komyakov, T. V. Komyakova, F. I. Shkulov*

### APPLICATION OF A PROBABILISTIC APPROACH FOR THE FORMATION OF AN ELECTRIC TRACTION LOAD GRAPH IN THE SIMULATION OF A TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM

**Abstract.** The paper deals with the application of a probabilistic approach for the formation of an electric traction load graph in the simulation modeling of a traction power supply system. The method based on the application of a universal leveling function based on the gamma distribution is chosen as the basic one. The estimation of the approximation efficiency was performed using the Kolmogorov criterion. It is shown that to set the traction load of a single train on sections with a relatively simple track profile, it is possible to use the specified method with gamma distribution parameters determined through the load current efficiency coefficient. Based on the author's model, a two-variant simulation of the traction power supply system for the actual and probabilistic traction load schedule was performed in the SimInTech software package; at the same time, almost identical results were obtained. This allows us to say that a probabilistic graph can be used instead of a real graph to determine the consumption and loss of electricity in the electric traction network. The application of this method is shown. It is deemed that the traction load of the feeders of the contact network requires correction of the parameters of the gamma distribution based on iterative calculation methods.

**Keywords:** traction power supply system, simulation modeling, traction load, gamma distribution, power losses.

**For citation:** Komyakov, A. A. Application of a probabilistic approach for the formation of an electric traction load graph in the simulation of a traction power supply system / A. A. Komyakov, T. V. Komyakova, F. I. Shkulov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 184–192. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_184.

#### Сведения об авторах

**Комяков Александр Анатольевич**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), кафедра «Теоретическая электротехника», доктор технических наук, доцент, e-mail: tskom@mail.ru

**Комякова Татьяна Владимировна**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), кафедра «Электроснабжение железнодорожного транспорта», кандидат технических наук, доцент, проректор по учебной работе, e-mail: t\_komyakova@mail.ru

**Шкулов Андрей Иванович**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), кафедра «Теоретическая электротехника», аспирант, e-mail: shkulov.ai@gmail.com

#### Information about the authors

**Komyakov Aleksander Anatolievich**

Omsk State Transport University (OSTU), Chair «Theoretical Electrical Engineering», Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: tskom@mail.ru

**Komyakova Tatiana Vladimirovna**

Omsk State Transport University (OSTU), Chair «Power Supply of Railway Transport», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, e-mail: t\_komyakova@mail.ru

**Shkulov Andrey Ivanovich**

Omsk State Transport University (OSTU), Chair «Theoretical Electrical Engineering», Postgraduate Student, e-mail: shkulov.ai@gmail.com

УДК 629.4.016.2

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_193

*С. А. Маринин*

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МОТОВАГОННОЙ ТЯГЕ НА ПРИМЕРЕ ГОРЬКОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

**Аннотация.** В процессе эксплуатации моторвагонного подвижного состава в пригородном движении на расход электроэнергии на тягу могут оказывать влияние различные факторы, в том числе погодные условия: температура и влажность окружающего воздуха, атмосферное давление, ветер, осадки. На примере участка Нижний Новгород – Заволжье Горьковской железной дороги исследовано влияние природных факторов на расход электроэнергии на тягу в пригородном движении. В исследовании с использова-

нием методов теории вероятностей и математической статистики установлено, что значимое влияние на расход электроэнергии на тягу в пригородном движении оказывает только температура окружающего воздуха. Влияние других природных факторов незначимо.

**Ключевые слова:** моторвагонная тяга, пригородное движение, расход электроэнергии, нормальное распределение, корреляционный анализ.

**Для цитирования:** Маринин, С. А. Оценка влияния погодных условий на расход электроэнергии в моторвагонной тяге на примере Горьковской железной дороги / С. А. Маринин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 193–200. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_193.

*S. A. Marinin*

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION IN MOTOR CAR TRACTION BY THE EXAMPLE OF THE GORKY RAILWAY

**Abstract.** During the operation of multi-unit rolling stock in suburban traffic, the electricity consumption on traction can be influenced by various factors, including weather conditions: ambient temperature and humidity, atmospheric pressure, wind, precipitation. Using the example of the Nizhny Novgorod – Zavolzhye section of the Gorky Railway, the influence of natural factors on electricity consumption for traction in suburban traffic was studied. It is used the methods of probability theory and mathematical statistics, it was found that only the ambient air temperature has a significant effect on the energy consumption for traction in suburban traffic. The influence of other natural factors is insignificant.

**Keywords:** motor-car traction, commuter traffic, power consumption, normal distribution, correlation analysis.

**For citation:** Marinin, S. A. Assessment of the influence of weather conditions on electric energy consumption in motor car traction by the example of the Gorky Railway / S. A. Marinin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 193–200. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_193.

### Сведения об авторах

**Маринин Сергей Александрович**  
Филиал Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС) в Нижнем Новгороде, кафедра «Техника и технологии железнодорожного транспорта», кандидат технических наук,  
e-mail: marininsergey.nn@mail.ru

### Information about the authors

**Marinin Sergey Alexandrovich**  
Samara State Transport University  
Branch in Nizhny Novgorod,  
Chair «Engineering and Technologies of Railway Transport»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
e-mail: marininsergey.nn@mail.ru

УДК 621.396.662 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_201

*Е. Ю. Микаэльян*

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫХ МОЩНОСТЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

**Аннотация.** При решении задачи компенсации реактивной мощности следует отметить тесную взаимосвязь размещения компенсирующих устройств в узлах энергосистемы со снижением потерь активной мощности и повышения качества электроэнергии. Многолетние исследования в рассматриваемой области были в основном направлены на уменьшение размерности решаемой задачи и преодоление информационной разобщенности отдельных подсистем.

Целью исследования является разработка методологии расчета компенсации реактивной мощности потребителей в энергосистемах, устанавливающей принципы математического моделирования при наличии неопределенностей различного вида: по зна-

чениям параметров сети, «размытостью» некоторых технических ограничений и неопределенностью целей оптимизации при выборе и размещении компенсирующих устройств (КУ).

Оптимальное размещение КУ является по своей сути задачей многокритериальной. В работе сформулированы основные цели оптимизации: повышение экономических и технических показателей работы сети, оптимальное уменьшение технологических сложностей при реализации проекта КРМ и на их основе разработаны следующие критерии: максимальное снижение потерь активной и реактивной мощностей, оптимальный режим напряжения в узлах энергосистемы в часы ее наибольших нагрузок и минимум технологических сложностей. Дано математическое описание задачи по перечисленным критериям и разработана методика выделения области Парето по этим критериям в условиях ограниченного ресурса компенсирующих устройств. Поиск эффективного решения в области Парето использует теорию нечетких множеств и по своей сути субъективна. Поэтому такого рода модель построена на сочетании математических методов оптимизации и не вполне формальных процедур, выполняемых человеком на различных стадиях принятия решений (экспертные процедуры). Соответствующая экспертная процедура принятия решений требует определения режимных ущербов от неучастия группы потенциально пассивных подстанций в КРМ, что может быть сделано по рекомендованной в работе методике.

**Ключевые слова:** компенсация реактивной мощности, энергосистема, область Парето, напряжение, критерии оптимизации, активная мощность, реактивная мощность, компенсирующие устройства.

**Для цитирования:** Микаэльян, Е. Ю. Многокритериальная оптимизация распределения реактивных мощностей потребителей в энергосистемах / Е. Ю. Микаэльян // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 201–210. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_201.

*E. Yu. Mikaelyan*

## **MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF CONSUMER REACTIVE POWER DISTRIBUTION IN POWER SYSTEMS**

**Abstract.** When solving the problem of reactive power compensation, it should be noted that the placement of compensating devices in power system nodes is closely related to the reduction of active power losses and improvement of power quality. Many years of research in this area were mainly aimed at reducing the dimensionality of the problem to be solved and overcoming the information separation of individual subsystems.

The purpose of the research is to develop a methodology for calculating the reactive power compensation of consumers in power systems, which establishes the principles of mathematical modeling in the presence of uncertainties of various kinds: on the values of network parameters, "blurriness" of some technical limitations and uncertainty of optimization objectives in the selection and placement of compensating devices (CG).

Optimal placement of CHP is inherently a multicriteria problem. The main optimization objectives are formulated in the paper: increase of economic and technical indicators of network operation, optimal reduction of technological difficulties in the implementation of the PFC project and on their basis the following criteria are developed: maximum reduction of active and reactive power losses, optimal voltage regime in the power system nodes during the hours of its highest loads and minimum technological difficulties. A mathematical description of the problem according to the above criteria is given and a methodology for selecting the Pareto region according to these criteria under conditions of limited resource of compensating devices is developed. The search for an effective solution in the Pareto area uses the theory of fuzzy sets and is inherently subjective. Therefore, this kind of model is built on a combination of mathematical methods of optimization and not quite formal procedures performed by a person at different stages of decision making (expert procedures). The corresponding expert decision-making procedure requires determination of mode damages from non-participation of a group of potentially passive substations in PFC, which can be done according to the methodology recommended in the paper.

**Keywords:** reactive power compensation power system, power system, Pareto domain, voltage, optimization criteria, active power, reactive power, compensating devices.

**For citation:** Mikaelyan, E. Yu. Multi-criteria optimization of consumer reactive power distribution in power systems / E. Yu. Mikaelyan // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 201–210. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_201.

#### Сведения об авторах

**Микаэльян Елена Юрьевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Теоретические основы электротехники», кандидат технических наук, доцент, e-mail: elenamik23@gmail.com

#### Information about the authors

**Mikaelyan Elena Yuryevna**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Theoretical Foundations of Electrical Engineering», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: elenamik23@gmail.com

УДК 621.331:621.311 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_211

*В. А. Осипов, А. В. Бойко, В. Н. Черных*

### ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЕМКОСТНОГО ОТБОРА МОЩНОСТИ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**Аннотация.** Исследования, изложенные в статье, направлены на решение задачи организации точек питания электропотребителей, располагающихся вдоль полотна электрифицированных железных дорог. Такие точки питания предназначены прежде всего для питания маломощных потребителей, таких как устройства измерения, контроля, наблюдения и освещения. В качестве базового источника энергии в статье предлагается использовать напряжение, распределяемое по цепи изоляторов в гирлянде, а именно падение напряжения на первом изоляторе, имеющем непосредственный контакт с заземленной арматурой. В качестве примера предложен вариант подключения к линиям ДПР, прокладываемым вдоль полотна электрифицированных железных дорог. Такой подход может быть использован в системах, позволяющих осуществлять отбор электроэнергии с последующим её преобразованием и накоплением специальным устройством.

**Ключевые слова:** емкостной делитель напряжения, электроснабжение, емкостная связь, контактная сеть, электрические железные дороги.

**Для цитирования:** Осипов, В. А. Варианты организации емкостного отбора мощности на электрифицированных железных дорогах переменного тока / В. А. Осипов, А. В. Бойко, В. Н. Черных // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 211–218. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_211.

*V. A. Osipov, A. V. Boyko, V. N. Chernykh*

### OPTIONS FOR THE ORGANIZATION OF CAPACITIVE POWER TAKE-OFF ON ELECTRIFIED AC RAILWAYS

**Abstract.** The research presented in this paper is aimed at solving the problem of organizing power supply points for electric consumers located along the track of electrified railways. Such power points are primarily designed to power low-power consumers, such as measuring, monitoring, surveillance and lighting devices. As a basic energy source, the paper proposes to use the voltage distributed along the circuit of insulators in the garland, namely, the voltage drop on the first insulator having direct contact with the grounded armature. As an example, the option of connecting to the DPR lines laid along the track of electrified railways is proposed. This approach can be used in systems that allow the extraction of electricity with its subsequent conversion and accumulation by a special device.

**Keywords:** capacitive voltage divider, power supply, capacitive coupling, contact network, electric railways.

**For citation:** Osipov, V. A. Options for the organization of capacitive power take-off on electrified AC railways / V. A. Osipov, A. V. Boyko, V. N. Chernykh // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 211–218. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_211.

#### Сведения об авторах

**Осипов Владимир Александрович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретические основы электротехники»,  
заведующий кафедрой,  
декан гуманитарного факультета,  
e-mail: dw\_@rambler.ru

**Бойко Андрей Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретические основы электротехники»,  
ассистент,  
e-mail: andreibojko111@yandex.ru

**Черных Владимир Николаевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретические основы электротехники»,  
ассистент,  
e-mail: v014nd94@yandex.ru

#### Information about the authors

**Osipov Vladimir Alexandrovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Basis of Electrical Engineering»,  
Head of the Chair,  
Dean of Humanitarian Faculty,  
E-mail: dw\_@rambler.ru

**Boyko Andrey Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Basis of Electrical Engineering»,  
Assistant,  
e-mail: andreibojko111@yandex.ru

**Chernykh Vladimir Nikolaevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Basis of Electrical Engineering»,  
Assistant,  
e-mail: v014nd94@yandex.ru

### ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 629.4.077–592 : 629.463

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_219

*А. Н. Балалаев, А. В. Жебанов, С. В. Коркина*

### ВЫБОР ПОВЕРХНОСТИ КОНТРОЛЯ НАГРЕВА КОЛЕСА ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПРИ ТОРМОЖЕНИИ С ЦЕЛЬЮ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗОВ

**Аннотация.** В настоящее время появляются новые системы автоматизированного диагностирования состояния узлов грузовых вагонов во время движения поезда. Одним из способов диагностики тормозного оборудования грузового поезда является контроль температуры колес при торможении поезда. Во время торможения грузового поезда при взаимодействии колеса и тормозной колодки выделяется тепловая энергия. По величине нагрева колеса можно судить о силе и продолжительности нажатия тормозной колодки при торможении. Если известны величины скорости в начале и конце торможения, расположение вагонов с известной загрузкой в составе и время торможения, то измеренная температура колеса дает необходимую информацию для диагностики автотормозов в движении поезда. Цель работы заключается в выявлении поверхности на колесе, обладающей наилучшей информативностью для диагностики автотормозов при измерении температуры этой поверхности после торможения. В работе выполнено моделирование нестационарного термического процесса в колесной паре в среде SolidWorks Simulation. Доказано, что наиболее информативной и удобной поверхностью для измерения температуры колеса с целью диагностики автотормозов является боковая поверхность обода.

**Ключевые слова:** грузовой состав, тормозное оборудование, система «колесо – тормозная колодка», тепловой поток, моделирование нестационарного теплового процесса.

**Для цитирования:** Балалаев, А. Н. Выбор поверхности контроля нагрева колеса грузового вагона при торможении с целью диагностики тормозов / А. Н. Балалаев,

*A. N. Balalaev, A. V. Zhebanov, S. V. Korkina*

## **SELECTION OF CARGO CAR WHEEL HEATING CONTROL SURFACE DURING BRAKING IN ORDER TO DIAGNOSE BRAKES**

**Abstract.** Currently, new systems for automated diagnostics of the condition of freight car assemblies during train movement are being introduced. One of the ways to diagnose the braking equipment of a freight train is to control the wheel temperature when braking the train. During braking of a freight train, thermal energy is released when the wheel and brake pad interact. By the amount of wheel heating, we can understand the strength and duration of pressing the brake pad during braking. If the speed values at the beginning and end of braking, the location of wagons with a known load in the composition and the braking time are known, then the measured wheel temperature provides the necessary information for diagnosing motor brakes in train movement. The purpose of the work is to identify the surface on the track that has the best information for diagnosing auto brakes when measuring the temperature of this surface after braking. The paper modulates a non-stationary thermal process in a wheelset in a SolidWorks Simulation environment. It is proved that the most informative and convenient surface for measuring the temperature of the wheel for the purpose of diagnosing auto brakes is the side surface of the rim.

**Keywords:** freight train, braking equipment, wheel system – brake shoe, heat flow, simulation of transient thermal process.

**For citation:** Balalaev, A. N. Selection of cargo car wheel heating control surface during braking in order to diagnose brakes / A. N. Balalaev, A. V. Zhebanov, S. V. Korkina // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 219–226. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_219.

### **Сведения об авторах**

**Балалаев Анатолий Николаевич**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), кафедра «Вагоны», доктор технических наук, доцент, e-mail: wagon.samgaps@mail.ru

**Жебанов Александр Владимирович**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), кафедра «Вагоны», кандидат технических наук, доцент, e-mail: zhebanov@inbox.ru

**Коркина Светлана Владимировна**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), кафедра «Вагоны», кандидат технических наук, доцент, e-mail: korkina70@mail.ru

### **Information about the authors**

**Balalaev Anatoly Nikolaevich**

Samara State Transport University (SSTU), Chair «Wagons», Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: wagon.samgaps@mail.ru

**Zhebanov Alexander Vladimirovich**

Samara State Transport University (SSTU), Chair «Wagons», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: zhebanov@inbox.ru

**Korkina Svetlana Vladimirovna**

Samara State Transport University (SSTU), Chair «Wagons», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: korkina70@mail.ru

*Т. В. Волчек, Р. В. Волчек*

**ВЛИЯНИЕ СНИЖЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЭКИПИРОВКИ ЛОКОМОТИВА ПЕСКОМ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКОМОТИВА**



**Аннотация.** На примере электровоза 3ЭС5К рассматривается существующий технологический процесс экипировки локомотива песком, одним из главных недостатков которого являются завышенные нормы времени на его заправку песком, что приводит к простоям локомотива. Предлагается автоматизировать существующий процесс заправки локомотива песком за счет внедрения автоматизированного рукава подачи песка в бункер локомотива, который позволит снизить нормы времени на его заправку не менее чем в 3 раза, а, следовательно, сократить простои локомотивов в пунктах их экипировки песком и в её ожидании. Произведен расчет качественных показателей использования электровоза серии 3ЭС5К на участке Мариинск – Красноярск при типовой и предлагаемой системах пескоснабжения локомотивов, который показал, что предлагаемое техническое решение позволяет сократить время полного оборота локомотива, эксплуатируемый парк, при этом повысить среднесуточный пробег локомотива, что приводит к повышению производительности локомотива на 6,6 %.

**Ключевые слова:** экипировка локомотивов песком, производительность, автоматизация, система пескоснабжения, качественные показатели использования локомотива.

**Для цитирования:** Волчек, Т. В. Влияние снижения времени экипировки локомотива песком на качественные показатели использования локомотива / Т. В. Волчек, Р. В. Волчек // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 227–232. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_227.

*T. V. Volchek, R. V. Volchek*

## **THE INFLUENCE OF REDUCING TIME OF SUPPLYING A LOCOMOTIVE WITH SAND ON THE QUALITATIVE INDICATORS OF LOCOMOTIVE USE**

**Abstract.** The paper examines the existing technological process for equipping a locomotive with sand using the example of the 3ES5K electric locomotive. One of the main disadvantages is the excessive time standards for filling it with sand, which leads to downtime of the locomotive. It is proposed to automate the existing process of filling a locomotive with sand by introducing an automated hose for supplying sand to the locomotive's bunker, which will reduce the time required for filling it by at least 3 times, and, consequently, reduce the downtime of locomotives at the points where they are equipped with sand and while waiting for it. A calculation was made of the quality indicators of the use of an electric locomotive of the 3ES5K series on the Mariinsk – Krasnoyarsk section with the standard and proposed sand supply systems for locomotives, which showed that the proposed technical solution will reduce the time of a complete turnaround of the locomotive, the operating fleet, while increasing the average daily mileage of the locomotive, which leads to increased productivity locomotive by 6.6 %.

**Keywords:** equipping locomotives with sand, productivity, automation, sand supply system, qualitative indicators of locomotive use.

**For citation:** Volchek, T. V. The influence of reducing time of supplying a locomotive with sand on the qualitative indicators of locomotive use / T. V. Volchek, R. V. Volchek // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 227–232. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_227.

### **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

### **Information about the authors**

**Volchek Tatiana Vitalievna**  
Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Branch of the Irkutsk State Transport University, Chair «Operation of Railways», Candidate of Engineering Sciences,  
e-mail: tanya.vol4eck@yandex.ru

**Волчек Роман Витальевич**  
Институт нефти и газа Сибирского  
федерального университета (ИНиГ СФУ),  
кафедра «Нефтегазовое дело»,  
студент,  
e-mail: romavolchek2004@gmail.com

**Volchek Roman Vitalievich**  
Institute of Oil and Gas of the Siberian Federal  
University (INiG SFU),  
Chair «Oil and Gas business»,  
Student,  
e-mail: romavolchek2004@gmail.com

УДК 549.67 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_233

*Т. Л. Риполь-Сарагоси*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ПОВЫШЕНИЕ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК ЦЕОЛИТОВ**

**Аннотация.** Материал данной статьи посвящен поиску решений по определению срока службы различных марок цеолитов и установлению основных факторов влияния на его величину. Для реализации этих целей рассмотрена технологическая схема осушки сжатого воздуха с описанием и определением функционала основных и вспомогательных конструкционных элементов. Анализируются факторы, влияющие на величину срока службы рассматриваемых марок цеолита. По представленному алгоритму выполнен расчет срока службы различных марок цеолита при идентичных параметрах проведения технологического процесса. Полученные данные визуализированы в виде графических зависимостей, анализ которых позволил выявить прямую зависимость срока службы адсорбента от температуры сжатого воздуха, поступающего в адсорбер, и величины его микропор, а также определить марку наиболее ресурсоэнергоэффективного, экологически и экономически целесообразного цеолита при использовании его в процессах осушки сжатого воздуха.

**Ключевые слова:** сжатый воздух, технологическая схема, адсорбент, цеолит, экономическая эффективность, адсорбер, факторы влияния, ресурсоэнергоэффективный.

**Для цитирования:** Риполь-Сарагоси, Т. Л. Исследование факторов влияния на повышение срока эксплуатации различных марок цеолитов / Т. Л. Риполь-Сарагоси // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 233–241. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_4\_233.

*T. L. Ripol-Saragosi*

## **INVESTIGATION OF THE FACTORS INFLUENCING THE INCREASE IN THE SERVICE LIFE OF VARIOUS GRADES OF ZEOLITES**

**Abstract.** The material of this paper is devoted to finding solutions to determine the service life of various grades of zeolites and establishing the main influence factors. For these purposes, a technological scheme for drying compressed air with a description and definition of the functionality of the main and auxiliary structural elements is considered. The factors influencing the value of the service life of the zeolite grades under consideration are analyzed. According to the presented algorithm, the service life of various grades of zeolite was calculated with identical parameters of the technological process. The obtained data are visualized in the form of graphical dependencies, the analysis of which revealed a direct dependence of the service life of the adsorbent on the temperature of the compressed air entering the adsorber and the size of micropores, as well as to determine the brand of the most cost-effective zeolite when using it in the processes of drying compressed air.

**Keywords:** compressed air, technological scheme, adsorbent, zeolite, economic efficiency, adsorber, influence factors.

**For citation:** Ripol-Saragosi, T. L. Investigation of the factors influencing the increase in the service life of various grades of zeolites / T. L. Ripol-Saragosi // Vestnik Rostovskogo

#### Сведения об авторах

**Риполь-Сарагоси Татьяна Леонидовна**  
Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теплоэнергетика на железнодорожном  
транспорте»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: Ripol-saragosi@mail.ru

#### Information about the authors

**Ripol-Saragosi Tatiana Leonidovna**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Heat Power Engineering on Railway  
Transport»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: Ripol-saragosi@mail.ru

УДК 629.423

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_242

*Е. А. Третьяков, И. Н. Денисов, Е. Г. Авдиенко*

### УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ НА ОСНОВЕ МГНОВЕННЫХ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ С УЧЕТОМ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы управления взаимодействием электроподвижного состава и энергетической инфраструктуры железных дорог в условиях ограничений энергетической инфраструктуры на экспериментальном электрифицированном участке переменного тока Западно-Сибирской железной дороги. Получены результаты движения грузовых электровозов с установленным измерительным оборудованием на электроподвижном составе и двух тяговых подстанциях электрифицированного участка переменного тока. Выполнен мгновенный расчет степени влияния электровозов на параметры системы тягового электроснабжения (в том числе на узлы напряжения с другими электровозами), степени взаимного влияния электровозов. Определены управляющие воздействия на электроподвижной состав с учетом статусов других поездов в реальном времени на основе измерений токов, напряжений, мощности и других параметров в условиях ограничения мощности системы тягового электроснабжения. Предлагаемый подход позволит в реальном времени получать по данным загрузки тяговых подстанций, напряжений в межподстанционной зоне ограничения, на движение поезда по межпоездным интервалам, предельной скорости движения, исходя из энергетических условий в реальной обстановке, координируя управляющие воздействия между поездами в межподстанционной зоне на основе приоритета.

**Ключевые слова:** управление, электроподвижной состав, мгновенный тяговый расчет, режим работы, координация, система электроснабжения железных дорог.

**Для цитирования:** Третьяков, Е. А. Управление электроподвижным составом на основе мгновенных тяговых расчетов с учетом режимов работы системы электроснабжения железных дорог / Е. А. Третьяков, И. Н. Денисов, Е. Г. Авдиенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 242–252. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_242.

*Е. А. Tretyakov, I. N. Denisov, E. G. Avdienko*

### CONTROL OF ELECTRIC ROLLING STOCK BASED ON INSTANT TRACTION CALCULATIONS USING THE SYSTEM OPERATING MODES RAILWAY ELECTRIC SUPPLY

**Abstract.** The paper considers the issues of managing the interaction of electric rolling stock and the energy infrastructure of railways in the conditions of limitations of the energy infrastructure on the experimental electrified alternating current section of the West Siberian Railway. It is obtained the results of the movement of electric freight locomotives with installed measuring equipment on electric rolling stock and two traction substations of the electrified alternating current section. An instant calculation was made of the degree of influence

of electric locomotives on the parameters of the traction power supply system including voltage nodes with other electric locomotives, the degree of mutual influence of electric locomotives; control actions on electric rolling stock were determined to provide the statuses of other trains in real time based on measurements of currents, voltages, power and other parameters under conditions of limited power of the traction power supply system. The proposed approach will make it possible to obtain in real time, based on data on the load of traction substations, voltages in the inter-substation zone, restrictions on train movement at inter-train intervals, maximum speed based on energy conditions in a real situation, coordinating control actions between trains in the inter-substation zone based on priority.

**Keywords:** control, electric rolling stock, instantaneous traction calculation, operating mode, coordination, railway power supply system.

**For citation:** Tretyakov, E. A. Control of electric rolling stock based on instant traction calculations using the system operating modes railway electric supply / E. A. Tretyakov, I. N. Denisov, E. G. Avdienko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 242–252. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_242.

#### Сведения об авторах

**Третьяков Евгений Александрович**  
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), кафедра «Подвижной состав электрических железных дорог», доктор технических наук, доцент, e-mail: eugentr@mail.ru

**Денисов Илья Николаевич**  
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), кафедра «Подвижной состав электрических железных дорог», заведующий лабораторией, e-mail: idenisov89@mail.ru

**Авдиенко Егор Геннадьевич**  
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), кафедра «Подвижной состав электрических железных дорог», аспирант, e-mail: sleyster.ua@gmail.com

#### Information about the authors

**Tretyakov Evgeny Alexandrovich**  
Omsk State Transport University (OSTU), Chair «Rolling Stock Electric Railways», Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: eugentr@mail.ru

**Denisov Ilya Nikolaevich**  
Omsk State Transport University (OSTU), Chair «Rolling Stock Electric Railways», Head of Laboratory, e-mail: idenisov89@mail.ru

**Avdienko Egor Gennadievich**  
Omsk State Transport University (OSTU), Chair «Rolling Stock Electric Railways», Postgraduate Student, e-mail: sleyster.ua@gmail.com

УКД 629.4.015 : 625.03 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_253

*В. В. Шаповалов, П. Н. Щербак, А. Л. Озябкин, В. И. Куштин, Р. А. Корниенко*

#### РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ШУМА ПРИ РАБОТЕ ВАГОННЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы эксплуатации вагонных замедлителей сортировочных горочных комплексов. Для решения проблемы шума при торможении грузовых вагонов на тормозных позициях приведены данные замеров шума при работе замедлителей, описаны причины и условия его появления. Анализ замеров уровня шума и последующее ранжирование частот позволили выявить наиболее значимые октавные частоты, ответственные за уровень шума от тормозных позиций. Предложена конструкция механизма контактно-ротапиринтного метода нанесения модификатора трения на торцевую поверхность колеса вагона для шумоподавления при торможении. Отмечено снижение пиковых значений звукового давления до уровня, который вполне согласуется с требуемыми нормативами, указанными в санитарных нормах.

**Ключевые слова:** вагонный замедлитель, автоматизированная сортировочная горка, шум при работе сортировочной горки, октавный анализ шума, шумоподавляющий модификатор трения.

**Для цитирования:** Разработка мероприятий для подавления шума при работе вагонных замедлителей на сортировочных горочных комплексах / В. В. Шаповалов, П. Н. Щербак, А. Л. Озябкин [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 253–261. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_253.

*V. V. Shapovalov, P. N. Shcherbak, A. L. Ozyabkin, V. I. Kushtin, R. A. Kornienko*

## **DEVELOPMENT OF MEASURES TO SUPPRESS NOISE DURING THE OPERATION OF CAR REMEDERS AT HUMP-ASSORTING COMPLEXES**

**Abstract.** The paper presents the problems of operating railcar retarders at hump-assorting complexes. To solve the problem of noise when braking freight cars at braking positions, it is presented the data on noise measurements during the retarders operation, and it is considered the reasons and conditions for its occurrence. Analysis of noise level measurements and subsequent ranking of frequencies made it possible to identify the most significant octave frequencies responsible for the noise level from the braking positions. A design has been proposed for the mechanism of the contact-rotaprint method of applying a friction modifier to the end surface of a car wheel to reduce noise during braking. Peak sound pressure values have decreased to values that are fully consistent with the required standards specified in sanitary standards.

**Keywords:** car retarder, automated sorting slide, noise during the operation of the sorting slide, octave noise analysis, noise-canceling friction modifier.

**For citation:** Development of measures to suppress noise during the operation of car remeders at hump-assorting complexes / V. V. Shapovalov, P. N. Shcherbak, A. L. Ozyabkin [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 253–261. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_4\_253.

### **Сведения об авторах**

#### **Шаповалов Владимир Владимирович**

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

#### **Щербак Пётр Николаевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Путь и путевое хозяйство», доктор технических наук, профессор, e-mail: spn55@mail.ru

#### **Куштин Владимир Иванович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог», доктор технических наук, профессор, e-mail: geometr@spark-mail.ru

#### **Озябкин Андрей Львович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Транспортные машины

### **Information about the authors**

#### **Shapovalov Vladimir Vladimirovich**

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

#### **Shcherbak Peter Nikolaevich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Track and Track Facilities», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: spn55@mail.ru

#### **Kushtin Vladimir Ivanovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Research, Design and Construction of Railways», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: geometr@spark-mail.ru

#### **Ozyabkin Andrey Lvovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Transport Machines and Tribotechnics», Doctor of Engineering Sciences,

и триботехника»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail : tmt@rgups.ru

**Корниенко Роман Андреевич**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Транспортные машины  
и триботехника»,  
инженер,  
e-mail : tmt@rgups.ru

Professor,  
e-mail: tmt@rgups.ru

**Kornienko Roman Andreevich**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Transport Machines  
and Tribotechnics»,  
Engineer,  
e-mail: tmt@rgups.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 подрисуночная 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.ppressa-ru.ru](http://www.ppressa-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:**

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

Ростовский государственный университет путей сообщения.

Редакция журнала «Вестник РГУПС».

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

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

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



*Научное издание*

**ВЕСТНИК  
Ростовского государственного университета  
путей сообщения**

Научно-технический журнал

**№ 4 (92)  
2023**

**Уважаемые читатели!**  
**Вы можете подписаться на наш журнал на сайте [www.pressa-rgf.ru](http://www.pressa-rgf.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, К.И. Паханова,  
А.П. Кононенко (английский текст)

Корректоры: А.В. Артамонов, Т.В. Бродская,  
Т.И. Исаева, Т.М. Чеснокова, К.И. Паханова,  
А.П. Кононенко (английский текст)

Оригинал-макет журнала подготовлен А.О. Полуниной

---

Подписано в печать 28.12.2023.

Дата выхода в свет 29.12.2023.

Печать офсетная.

Знак информационной продукции 16+.

Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 30,68.

Тираж 510 экз.

Цена свободная.

Бумага офсетная.

Изд. № 73.

Заказ № .

---

**Учредитель:**

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

**Адрес университета, издателя, редакции:  
344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка  
Народного Ополчения, д. 2.**

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

**E-mail: [pmv\\_nis@sci.rgups.ru](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.**