

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

УДК 62 – 50 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_8

*А. А. Агапов***ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ  
НА ОСНОВЕ КВАЗИОПТИМАЛЬНЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ  
И НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА \***

**Аннотация.** Рассматривается задача обеспечения автоматического управления динамическими объектами, входящими в состав интеллектуальной транспортной системы и функционирующих в различных режимах, что требует повышения эффективности используемых законов управления с целью сохранения быстродействия, устойчивости и др. Исходная система представлена в виде уравнений Лагранжа 2-го рода, на которую наложены ограничения, гарантирующие полную управляемость системы. Для построения управления применяется принцип декомпозиции, разбивающий систему с  $n$  степеней свободы на  $n$  независимых подсистем с ограниченными возмущениями. В работе построен интеллектуальный закон управления подсистемой с априорно неизвестными возмущениями на основе квазиоптимального по быстродействию закона и закона, обеспечивающего максимизацию области притяжения, с использованием нечеткого логического вывода. Проведено моделирование на примерах с различными нелинейными видами возмущений. Анализ результатов моделирования показывает, что построенный закон управления обеспечивает достижение окрестности терминальной точки за время, близкое к оптимальному, при этом в сравнении с известным квазиоптимальным по быстродействию законом управления предлагаемый закон не входит в колебательный режим вблизи терминальной точки, а также не имеет точек разрыва на траектории движения нелинейной динамической системы. Показано, что применение принципа декомпозиции позволяет построить интеллектуальные законы управления для системы с несколькими степенями свободы.

**Ключевые слова:** нелинейная динамическая система, квазиоптимальный закон управления, интеллектуальные транспортные системы, уравнения Лагранжа 2-го рода, априорно неизвестные возмущения, нечеткий логический вывод.

**Для цитирования:** Агапов, А. А. Построение интеллектуальных транспортных систем на основе квазиоптимальных структур управления и нечеткого логического вывода / А. А. Агапов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 8–17. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_8.

*А. А. Agapov***BUILDING INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS BASED ON QUASI-OPTIMAL  
CONTROL STRUCTURES AND FUZZY LOGICAL INFERENCE**

**Abstract.** It is considered the problem of providing automatic control of dynamic objects that are part of an intelligent transport system and operate in various modes which requires an increase in the efficiency of the control laws used in order to maintain speed, stability and others. The initial system is presented in the form of Lagrange equations of the second kind, which restrictions are imposed on it to guarantee full controllability of the system. To construct the control, the principle of decomposition is used, which divides the system with  $n$  degrees of freedom into  $n$  independent subsystems with limited perturbations. In this paper, an intelligent control law for a subsystem with a priori unknown perturbations is constructed based on a law that is quasi-optimal in terms of speed and a law that ensures the maximization of the attraction area, using fuzzy logical inference. Modeling is carried out on examples with various non-linear types of perturbations. The analysis of the simulation results shows that the constructed control law ensures that the ambit of the terminal point is reached in a time close to

\* Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 23-29-00812, <https://rscf.ru/project/23-29-00812/>.

optimal, while, in comparison with the known quasi-optimal control law in terms of speed, the proposed law does not enter the oscillatory mode near the terminal point, and also has no discontinuity points on trajectories of motion of a nonlinear dynamic system. It is shown that the application of the decomposition principle makes it possible to construct intelligent control laws for a system with several degrees of freedom.

**Keywords:** nonlinear dynamic system, quasi-optimal control law, intelligent transportation systems, Lagrange equations of the second kind, a priori unknown perturbations, fuzzy logic inference.

**For citation:** Agapov, A. A. Building intelligent transportation systems based on quasi-optimal control structures and fuzzy logical inference / A. A. Agapov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 8–17. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_8.

#### Сведения об авторах

**Агапов Александр Андреевич**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вычислительная техника и  
автоматизированные системы управления»,  
ассистент,  
e-mail: agapov2794@gmail.com

#### Information about the authors

**Agapov Alexander Andreyevich**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computing Machinery and  
Computerized Control Systems»,  
Lecturer,  
e-mail: agapov2794@gmail.com

УДК 004.827

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_18

*A. E. Колоденкова, С. С. Верещагина*

### ПОДХОД К ПРОВЕРКЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ \*

**Аннотация.** Для повышения эффективности принятия решений при диагностировании промышленного оборудования предложен подход к проверке базы знаний (БЗ), содержащей смешанные продукционные правила (СПП), интеллектуальных систем диагностирования оборудования. Представлена классификация структурных ошибок в БЗ с их определением и представлением в виде ориентированного графа, а также рекомендациями по их устранению. Данный подход позволит уменьшить объем БЗ, что сделает процесс поиска более эффективным и облегчит организацию управления выводом. Приведены фрагменты экранных форм разработанной программной системы автоматического поиска структурных ошибок в БЗ. Программная система позволит безошибочно удалять лишние правила без потери полезной информации.

**Ключевые слова:** база знаний, смешанные продукционные правила, структурные ошибки, статический анализ.

**Для цитирования:** Колоденкова, А. Е. Подход к проверке базы знаний интеллектуальных систем диагностирования промышленного оборудования / А. Е. Колоденкова, С. С. Верещагина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 18–27. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_18.

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

### APPROACH TO THE KNOWLEDGE BASE VALIDATION OF INTELLIGENT SYSTEMS IN INDUSTRIAL EQUIPMENT DIAGNOSTICS

**Abstract.** The paper considers the efficiency of decision making in industrial equipment diagnosis, an approach to the knowledge base validation (KBV) containing mixed production rules (MPRs) of intelligent equipment diagnosis systems. The classification of structural errors in the KBV with their definition and representation in the form of a directed graph, as well as

---

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

recommendations for their elimination, is proposed. This approach will reduce the KBV size, which will make the search process more efficient and simplify the organization of output control. It is given the screen parts forms of the developed software system for automatic search using the structural errors in the KBV. The software system will provide to remove unnecessary rules without losing useful information.

**Keywords:** knowledge base, mixed production rules, structural errors, static analysis.

**For citation:** Kolodenkova, A. E. Approach to the knowledge base validation of intelligent systems in industrial equipment diagnostics / A. E. Kolodenkova, S. S. Vereshchagina // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobsheniya. – 2023. – No. 3. – P. 18–27. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_18.

#### Сведения об авторах

##### **Колоденкова Анна Евгеньевна**

Самарский государственный технический университет (СамГТУ),  
кафедра «Информационные технологии»,  
доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой,  
e-mail: anna82\_42@mail.ru

##### **Верещагина Светлана Сергеевна**

Самарский государственный технический университет (СамГТУ),  
кафедра «Информационные технологии»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: werechaginass@mail.ru

#### Information about the authors

##### **Kolodenkova Anna Evgenievna**

Samara State Technical University,  
Chair «Information Technology»,  
Doctor of Engineering Sciences,  
Associated Professor, Head of the Chair,  
e-mail: anna82\_42@mail.ru

##### **Vereshchagina Svetlana Sergeevna**

Samara State Technical University,  
Chair «Information Technology»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: werechaginass@mail.ru

УДК 62 – 50 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_28

*А. А. Агапов, А. А. Зарифьян (мл.)*

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ УСЛОВИЯ МАКСИМУМА ФУНКЦИИ ОБОБЩЕННОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОВОЗА**

**Аннотация.** Рассмотрена возможность использования интеллектуального алгоритма управления на основе условия максимума функции обобщенной мощности и аппарата нечеткой логики в задаче автоматического управления скоростью электровоза нового поколения с асинхронным тяговым двигателем. Построен автоматический регулятор скорости электровоза, проведено моделирование движения пассажирского поезда с локомотивом ЭП20 с заданной скоростью на участках Москва – Рязань и Москва – Адлер с соответствующим профилем пути. Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод, что разработанный интеллектуальный алгоритм управления можно использовать при построении системы автоматического управления (САУ) скоростью электровоза нового поколения с асинхронным тяговым двигателем для обеспечения движения с заданной скоростью в различных режимах работы локомотива в условиях априорно неизвестных воздействий.

**Ключевые слова:** автоматическое регулирование скорости, интеллектуальный алгоритм управления, условие максимума функции обобщенной мощности, нечеткая логика.

**Для цитирования:** Агапов, А. А. Возможность использования интеллектуального алгоритма управления на основе условия максимума функции обобщенной мощности в системе автоматического регулирования скорости электровоза / А. А. Агапов, А. А. Зарифьян (мл.) // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 28–34. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_28.

A. A. Agapov, A. A. Zarifyan (Jr.)

## THE POSSIBILITY OF USING INTELLIGENT CONTROL ALGORITHM BASED ON THE MAXIMUM CONDITION OF THE GENERALIZED POWER FUNCTION IN THE SYSTEM OF AUTOMATIC SPEED CONTROL OF ELECTRIC LOCOMOTIVE

**Abstract.** The paper considers the possibility of using an intelligent control algorithm based on the maximum condition of the generalized power function and the fuzzy logic apparatus in the problem of automatic speed control of a new generation electric locomotive with an asynchronous traction motor. An automatic speed controller for an electric locomotive was built, and the simulation of the movement of a passenger train with an EP20 locomotive at a given speed on the Moscow – Ryazan and Moscow – Adler sections with an appropriate track profile was carried out. An analysis of the simulation results allows us to conclude that the developed intelligent control algorithm can be used to build a speed control system for a new generation electric locomotive with an asynchronous traction motor to ensure movement at a given speed in various operating modes of the locomotive under conditions of a priori unknown influences.

**Keywords:** automatic speed control, intelligent control algorithm, condition for the maximum of the generalized power function, fuzzy logic.

**For citation:** Agapov, A. A. The possibility of using intelligent control algorithm based on the maximum condition of the generalized power function in the system of automatic speed control of electric locomotive / A. A. Agapov, A. A. Zarifyan (Jr.) // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No 3. – P. 28–34. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_28.

### Сведения об авторах

#### Агапов Александр Андреевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вычислительная техника  
и автоматизированные системы управления»,  
ассистент,  
e-mail: agapov2794@gmail.com

#### Зарифьян Александр Александрович (мл.)

ТМХ Инжиниринг,  
кандидат технических наук, эксперт,  
e-mail: zarifyan.alexander@gmail.com

### Information about the authors

#### Agapov Alexander Andreevich

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computing Machinery and Computerized  
Control Systems»,  
Lecturer,  
e-mail: agapov2794@gmail.com

#### Zarifyan Alexander Alexandrovich (Jr.)

TMH Engineering,  
Candidate of Engineering Sciences, Expert,  
e-mail: zarifyan.alexander@gmail.com

## УПРАВЛЕНИЕ И ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.222 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_35

*В. Н. Зубков, А. Г. Черняев, Е. А. Чеботарева, И. Н. Егорова, И. Д. Долгий*

## МЕРЫ ПО СОГЛАСОВАННОМУ ПРОДВИЖЕНИЮ ВАГОНПОТОКОВ К ПОРТАМ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ

**Аннотация.** В исследовании проводится анализ как теоретических, так и технологических основ действующей технико-технологической модели управления перевозочным процессом на полигоне в направлении портов Азово-Черноморского бассейна (АЧБ). Выполнен анализ объемов местной работы, объемов поступления вагонопотоков по стыкам дороги, на основании которого даны предложения по оптимизации модели управления перевозочным процессом с учетом «узких» мест по продвижению вагонопотоков. Цель работы – на основании существующей модели управления перевозочным

процессом, имеющихся ограничений пропускной способности, проводимых мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры, динамики поступления вагонопотоков по стыкам в адрес конкретных припортовых станций и их доли маршрутизации сформировать предложения по организации продвижения вагонопотока в адрес АЧБ с вынесением предложений по корректировке модели управления перевозочным процессом на полигоне Северо-Кавказской железной дороги в направлении припортовых станций.

**Ключевые слова:** железнодорожные перевозки, рост объемов перевозок, пропускная способность, развитие инфраструктуры, маршрутизация, работа локомотива бригад, мероприятия.

**Для цитирования:** Меры по согласованному продвижению вагонопотоков к портам Азово-Черноморского бассейна в условиях развития элементов технико-технологической модели управления перевозочным процессом / В. Н. Зубков, А. Г. Черняев, Е. А. Чеботарева [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 35–44. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_35.

*V. N. Zubkov, A. G. Chernyaev, E. A. Chebotareva, I. N. Egorova, I. D. Dolgiy*

### MEASURES FOR THE COORDINATED PROMOTION OF CAR TRAFFIC TO THE PORTS OF THE AZOV-BLACK SEA BASIN IN THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF ELEMENTS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL TRANSPORTATION PROCESS MANAGEMENT MODELS

**Abstract.** The study analyzes both the theoretical and technological foundations of the current technical and technological model for managing the transportation process at the landfill in the direction of the ports of the Azov-Black Sea Basin (ACB). The analysis of the volume of local work, the volume of incoming car traffic at the junctions of the road, on the basis of which proposals are made to optimize the model of management of the transportation process, taking into account the "bottlenecks" for the promotion of car traffic. Based on the existing model of transportation process management, the existing capacity constraints, the measures taken to develop the transport infrastructure, the dynamics of the arrival of car traffic at the junctions to specific port stations and their share of routing, proposals were formed for the organization of the promotion of car traffic to the address of the ACB. The key proposals for adjusting the model of transportation process management at the landfill of the North Caucasus Railway have been identified.

**Keywords:** railway transportation, growth of traffic volumes, throughput capacity, infrastructure development, routing, work of locomotive crews, transportation process management.

**For citation:** Measures for the coordinated promotion of car traffic to the ports of the Azov-Black sea basin in the conditions of development of elements of technical and technological transportation process management models / V. N. Zubkov, A. G. Chernyaev, E. A. Chebotareva [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 35–44. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_35.

#### Сведения об авторах

**Зубков Виктор Николаевич**

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

**Черняев Алексей Геральдович**

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

#### Information about the authors

**Zubkov Viktor Nikolaevich**

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

**Chernyaev Alexey Geraldovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Management of operational work», Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer,

кандидат технических наук, доцент,

e-mail: uer@rgups.ru

**Чеботарева Евгения Андреевна**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),

кафедра «Управление эксплуатационной  
работой»,

кандидат технических наук, доцент,

e-mail: abrosimova@ya.ru

**Егорова Ирина Николаевна**

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),

кафедра «Управление эксплуатационной  
работой»,

старший преподаватель,

e-mail: rina1001@list.ru

**Долгий Игорь Давидович**

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),

кафедра «Автоматика и телемеханика на  
железнодорожном транспорте»,

доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой

e-mail: mtn73@yandex.ru

e-mail: uer@rgups.ru

**Chebotareva Evgeniya Andreyevna**

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

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Lecturer,

e-mail: abrosimova@ya.ru

**Egorova Irina Nikolayevna**

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

Senior Lecturer,

e-mail: rina1001@list.ru

**Dolgiy Igor Davidovich**

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

Railway Transport»,

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

Head of the Chair,

e-mail: mtn73@yandex.ru

УДК 656.22.073.29 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_45

*В. Д. Верескун, Э. А. Мамаев, Д. В. Сорокин*

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РОСТА ГРУЗОБОРОТА МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «СЕВЕР – ЮГ» В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** Увеличению числа и потенциала транспортных коридоров способствует динамика глобального рынка. Рассматриваемый в работе транспортный коридор «Север – Юг» является одним из стратегических в обеспечении товаропотока в направлении Индия – Иран – Азербайджан – Россия – Европейский союз.

Проведен прогнозный анализ динамики развития грузооборота транспортного коридора, определены драйверы и барьеры его развития в условиях изменений геополитического и экономического окружения рынков. Уделено внимание вопросам сбалансированного развития потенциала транспортных коридоров с учетом формирования узловых транспортно-логистических центров в пересечениях меридиональных и широтных коридоров.

Показано, что железнодорожный транспорт в МТК «Север – Юг» в его российском сегменте становится ключевым фактором развития и конкурентоспособности перевозок по сравнению с альтернативными маршрутами. Рассмотрены вопросы конкурентоспособности контейнерных перевозок МТК «Север – Юг» в условиях роста мультимодальности и роста контейнеропригодных грузов. Перспективы развития МТК «Север – Юг» в будущем зависят от активных организационных решений в обеспечении планирования и регулирования потоков, исключающих международные барьеры в его развитии, а также внедрения цифровых технологий мониторинга и управления потоками.

**Ключевые слова:** транспортный коридор, грузовые перевозки, мультимодальные перевозки, контейнерные перевозки, транспортно-логистические издержки, качество транспортных услуг.

**Для цитирования:** Верескун, В. Д. Оценка перспектив роста грузооборота международного транспортного коридора «Север – Юг» в современных условиях / В. Д. Верескун, Э. А. Мамаев, Д. В. Сорокин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 45–56. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_45.

*V. D. Vereskun, E. A. Mamaev, D. V. Sorokin*

## THE ASSESSMENT OF PROSPECTS FOR GROWTH OF CARGO TURNOVER OF THE INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDOR "NORTH - SOUTH" IN MODERN CONDITIONS

**Abstract.** The dynamics of the global market contributes to the increase in the number and potential of transport corridors. The North-South transport corridor considered in the work is one of the strategic ones in ensuring the flow of goods in the direction of India-Iran-Azerbaijan-Russia-European Union.

A predictive analysis of the dynamics of the development of the freight turnover of the transport corridor was carried out, drivers and barriers to its development were identified in the context of changes in the geopolitical and economic environment of the markets. Attention is paid to the issues of balanced development of the potential of transport corridors, taking into account the formation of nodal transport and logistics centers at the intersections of meridional and latitudinal corridors.

It is shown that railway transport in the ITC "North-South" in its Russian segment is becoming a key factor in the development and competitiveness of transportation compared to alternative routes. The issues of the competitiveness of container transportation of the ITC "North - South" in the conditions of growing multimodality and the growth of containerized cargo are considered. Prospects for the development of the ITC "North-South" in the future depend on active organizational decisions in ensuring the planning and regulation of flows, excluding international barriers in its development, as well as the introduction of digital technologies for monitoring and managing flows.

**Keywords:** transport corridor, cargo transportation, multimodal transportation, container transportation, transport and logistics costs, quality of transport services.

**For citation:** Vereskun, V. D. The assessment of prospects for growth of cargo turnover of the international transport corridor "North – South" in modern conditions / V. D. Vereskun, E. A. Mamaev, D. V. Sorokin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 45–56. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_45.

### Сведения об авторах

#### **Верескун Владимир Дмитриевич**

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

#### **Мамаев Энвер Агапашаевич**

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

#### **Сорокин Дмитрий Валерьевич**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
доцент,  
e-mail: 2013014015@list.ru

### Information about the authors

#### **Vereskun Vladimir Dmitrievich**

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

#### **Mamaev Enver Agapashaevich**

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

#### **Sorokin Dmitry Valeryevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Operational Process Management»,  
Associate Professor,  
e-mail: 2013014015@list.ru

## С ЦЕЛЕВЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ

**Аннотация.** Представлены результаты исследования ключевых показателей эффективности в контексте стратегического развития и постановки целевых результатов деятельности компании. Раскрыто содержание системы сбалансированных показателей и ключевых показателей эффективности, а также специфика приведенных показателей в сфере транспортно-логистической деятельности. На основе анализа действующих KPI выявлены проблемы взаимодействия подразделений ОАО «РЖД» при выполнении перевозочного процесса и сформулированы новые сквозные KPI, позволяющие устранять «узкие места» в управлении Единым сетевым технологическим процессом. Деятельность дирекции управления движением определена как результирующая в управлении эффективностью сквозного процесса. Сформулированы требования к моделированию бизнес-процессов ОАО «РЖД» на основе управления KPI.

**Ключевые слова:** стратегия развития железнодорожного транспорта; методологии управления перевозочным процессом; эффективность перевозочного процесса; система сбалансированных показателей; ключевые показатели эффективности; Единый сетевой технологический процесс.

**Для цитирования:** Сирина, Н. Ф. Анализ взаимодействия ключевых показателей эффективности с целевыми результатами деятельности компании / Н. Ф. Сирина, В. Л. Герус // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 57–65. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_57.

*N. F. Sirina, V. L. Gerus*

## ANALYSIS OF THE INTERACTION OF KEY PERFORMANCE INDICATORS WITH THE TARGET RESULTS OF THE COMPANY'S ACTIVITIES

**Abstract.** The paper presents the results of the key performance indicators` study in the context of strategic development and setting the target results of the company's activities. The content of the system of balanced indicators and key performance indicators is revealed as well as the specifics of the above indicators in the field of transport and logistics activities. Based on the analysis of the existing KPIs, the problems of interaction between the divisions of JSC "Russian Railways" during the transportation process have been identified and new end-to-end KPIs have been formulated that allow eliminating bottlenecks in the management of the Unified Network Technological Process. The activity of the traffic management directorate is defined as resulting in the management of the effectiveness of the end-to-end process. The requirements for modeling the business processes of JSC "Russian Railways" based on KPI management have been formulated.

**Keywords:** railway transport development strategy; transportation process management methodologies; transportation process efficiency; balanced scorecard; key performance indicators; Unified network technological process.

**For citation:** Sirina, N. F. Analysis of the interaction of key performance indicators with the target results of the company's activities / N. F. Sirina, V. L. Gerus // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 57–65. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_57.

### Сведения об авторах

**Сирина Нина Фридриховна**  
Уральский государственный университет  
путей сообщения (УрГУПС),  
кафедра «Вагоны»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: NSirina@usrurt.ru

### Information about the authors

**Sirina Nina Friedrichovna**  
Ural State University of Railway Transport (UrGUPS),  
Chair «Wagons»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: NSirina@usrurt.ru



**Герус Владимир Леонидович**

Уральский государственный университет  
путей сообщения (УрГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной  
работой»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: vlgerus10@gmail.com

**Gerus Vladimir Leonidovich**

Ural State University of Railway Transport (UrGUPS),  
Chair «Operational Work Management»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: vlgerus10@gmail.com

УДК 656.073.23

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_66

*Г. М. Третьяков, Е. Е. Москвичева., Ю. П. Пацев*

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА МАРШРУТОВ РЕГУЛЯРНОГО КОНТРЕЙЛЕРНОГО СООБЩЕНИЯ**

**Аннотация.** Предложены методические принципы выбора маршрутов для организации регулярного контрейлерного сообщения, учитывающие особенности перевозок генеральных грузов автотранспортом. Для выявления наиболее востребованных полигонов железных дорог, на которых целесообразна организация контрейлерного сообщения, была проанализирована сеть автомобильных дорог и маршруты следования автомобильного транспорта, максимально соответствующие железнодорожным линиям. На основе анализа статистических данных были определены маршруты передвижения автопоездов и регионы с наибольшей частотой их присутствия. Выявлены направления наиболее интенсивной загрузки федеральных автомобильных трасс автопоездами. Дана оценка технико-технологическим возможностям железнодорожной инфраструктуры, а также готовности терминально-логистических объектов к организации регулярного контрейлерного сообщения. В результате исследования были определены основные маршруты для организации регулярного контрейлерного сообщения с учётом специфики организации данных перевозок и взаимодействия с инфраструктурой автомобильного транспорта. Полученные результаты могут быть использованы для обоснования системы организации контрейлерного сервиса на сети российских железных дорог, в том числе для определения его ключевых потребителей.

**Ключевые слова:** контрейлерная перевозка, контрейлерные поезда, контрейлерный терминал, автопоезд, контрейлерные технологии.

**Для цитирования:** Третьяков, Г. М. Методические принципы выбора маршрутов регулярного контрейлерного сообщения / Г. М. Третьяков, Е. Е. Москвичева, Ю. П. Пацев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 66–73. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_66.

*G. M. Tretyakov, E. E. Moskvicheva., Yu. P. Patsev*

### **METHODOLOGICAL PRINCIPLES FOR SELECTING ROUTES FOR REGULAR CONTRAILER SERVICES**

**Abstract.** Methodological principles for choosing routes for organizing regular contrailer services are proposed using the peculiarities of transporting general cargo by road. To identify the most popular railway sites where it is advisable to organize contrailer services, the network of highways and vehicle routes that best correspond to the railway lines were analyzed. Based on the analysis of statistical data, the routes of road trains and the regions with the highest frequency of their presence were determined. The directions of the most intensive loading of federal highways by road trains have been identified. An assessment is made of the technical and technological capabilities of the railway infrastructure, as well as the readiness of terminal and logistics facilities to organize regular contrailer services. As a result, the main routes for organizing regular contrailer services were identified, to provide the specifics of organizing these transportations and interaction with the road transport infrastructure. The results obtained can be used to substantiate the systematic organization of contrailer services on the Russian railway network, including its key consumers.

**Keywords:** contrailer services, contrailer trains, contrailer terminal, road train, contrailer technologies.

**For citation:** Tretyakov, G. M. Methodological principles for selecting routes for regular contrailer services / G. M. Tretyakov, E. E. Moskvicheva, Yu. P. Patsev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 66–73. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_66.

#### Сведения об авторах

**Третьяков Геннадий Михайлович**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),  
кафедра «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: moskvichevalena@yandex.ru

**Москвичева Елена Евгеньевна**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),  
кафедра «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: moskvichevalena@yandex.ru

**Пацев Юрий Павлович**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),  
кафедра «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»,  
старший преподаватель,  
e-mail: patsev@list.ru

#### Information about authors

**Tretyakov Gennady Mikhailovich**

Samara State Transport University (SSTU),  
Chair «Technologies of Cargo and Commercial Work, Stations and Junctions»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: moskvichevalena@yandex.ru

**Moskvicheva Elena Evgenевна**

Samara State Transport University (SSTU),  
Chair «Technologies of Cargo and Commercial Work, Stations and Junctions»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: moskvichevalena@yandex.ru

**Patsev Yuriy Pavlovich**

Samara State Transport University (SSTU),  
Chair «Technologies of Cargo and Commercial Work, Stations and Junctions»,  
Senior Lecturer,  
e-mail: patsev@list.ru

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 621.37/.39.001.5 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_74

*И. О. Нечес, Н. Д. Пирогова*

#### АНАЛИЗ ПРОХОЖДЕНИЯ ИМПУЛЬСНО-МАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ НЕЛИНЕЙНЫЕ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА

**Аннотация.** Выполнен анализ прохождения сигнала со сложной двоичной амплитудной манипуляцией через нелинейный частотно-селективный усилитель. Получены выражения для спектра амплитудно-манипулированного сигнала. Записаны формулы для основных гармоник выходного сигнала в виде отрезков функциональных рядов Вольтерра. Проведено компьютерное моделирование схемы входного усилительного устройства приемника радиостанции Motorola GP300 с помощью методов численного интегрирования и функциональных рядов Вольтерра. Получен спектр и временная функция выходного сигнала при различных параметрах частот и амплитуд манипулированного сигнала. Оценена вероятность ошибки в зависимости от частоты огибающей амплитудно-манипулированного сигнала. Выполнен анализ коэффициента усиления и исследовано влияние амплитуды сигнала на степень искажения информации при прохождении через усилитель.

**Ключевые слова:** амплитудно-манипулированный сигнал, спектр сигнала, функциональные ряды Вольтерра, нелинейный частотно-селективный усилитель, вероятность ошибок, амплитудная характеристика, коэффициент усиления, компьютерное моделирование.

**Для цитирования:** Нечес, И. О. Анализ прохождения импульсно-манипулированных

сигналов через нелинейные частотно-селективные устройства / И. О. Нечес, Н. Д. Пирогова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 74–83. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_74.

*I. O. Neches, N. D. Pirogova*

## ANALYSIS OF THE PASSAGE OF PULSE-MANIPULATED SIGNALS THROUGH NONLINEAR FREQUENCY-SELECTIVE DEVICES

**Abstract.** In this paper, the analysis of the signal transmission with complex binary amplitude manipulation through a nonlinear frequency-selective amplifier is performed. It was obtained the expressions for the spectrum of the amplitude-manipulated signal. Formulas were proposed for the main harmonics of the output signal in the form of segments of Volterra functional series. A computer simulation of the input amplifier circuit of the receiver of the MOTOROLA GP300 radio station was carried out using numerical integration methods and Volterra functional series. The spectrum and time function of the output signal are obtained for various parameters of frequencies and amplitudes of the manipulated signal. The probability of error is estimated depending on the frequency of the envelope of the amplitude-manipulated signal. The gain factor is analyzed and the effect of the signal amplitude on the degree of distortion of information when passing through the amplifier is investigated.

**Keywords:** amplitude-manipulated signal, signal spectrum, Volterra functional series, error probability, amplitude characteristic, gain factor, computer simulation.

**For citation:** Neches, I. O. Analysis of the passage of pulse-manipulated signals through nonlinear frequency-selective devices / I. O. Neches, N. D. Pirogova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 74–83. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_74.

### Сведения об авторах

#### Нечес Игорь Олегович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Связь на железнодорожном транспорте», кандидат технических наук, доцент, e-mail: neches-io@yandex.ru

#### Пирогова Наталья Дмитриевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Связь на железнодорожном транспорте», кандидат технических наук, доцент, e-mail: nd-pirogova@yandex.ru

### Information about the authors

#### Neches Igor Olegovich

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Communication on Railway Transport», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: neches-io@yandex.ru

#### Pirogova Natalya Dmitrievna

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Communication on Railway Transport», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: nd-pirogova@yandex.ru

УДК 519.713

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_84

*К. М. Чудотворова, А. В. Федоров*

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЯЮЩЕГО ЦИФРОВОГО АВТОМАТА ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ

**Аннотация.** В настоящее время в нефтегазовой отрасли широко внедряются современные средства управления технологическими процессами, системы противоаварийной защиты, образующие вместе с технологическим оборудованием автоматизированные технологические комплексы (АТК) и позволяющие в значительной степени снизить риски возникновения аварийных ситуаций.

Развитие технологического процесса на нефтеперерабатывающих предприятиях повышает требования к быстродействию, надежности и универсальности автоматизированных систем противоаварийной защиты.

В связи с этим возникают три основных направления исследования данной проблематики:

- во-первых, получение, обработка и выдача информации о режиме работы автоматизированной системы противоаварийной защиты (АСППЗ);
- во-вторых, управление алгоритмом функционирования противоаварийной защиты (ПАЗ) с помощью команд, задаваемых АСППЗ;
- в-третьих, диагностирование ПАЗ во время технологического процесса.

Сложность разработки систем безопасности обусловлена ростом технологических процессов. Сегодня при проектировании и разработке автоматизированных систем противопожарной защиты необходимо внедрять искусственный интеллект, чтобы системы функционировали по назначению. Целью данного исследования является создание основы математической модели автомата управления противоаварийной защитой технологической установки полимеризации.

**Ключевые слова:** модель, управление, автомат Мура, цифровой автомат, вершина графа, противоаварийная защита, технологическая установка, полимеризация.

**Для цитирования:** Чудотворова, К. М. Разработка методики моделирования структуры управляющего цифрового автомата противоаварийной защиты технологической установки полимеризации на микроконтроллерах / К. М. Чудотворова, А. В. Федоров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 84–91. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_84.

*K. M. Chudotvorova, A. V. Fedorov*

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SIMULATING THE STRUCTURE OF A CONTROL DIGITAL AUTOMATIC EMERGENCY PROTECTION OF TECHNOLOGICAL INSTALLATION FOR POLYMERIZATION ON MICROCONTROLLERS

**Abstract.** At present, modern process control tools and emergency protection systems are being widely introduced in the oil and gas industry, which together with process equipment form automated technological complexes (ATC) and can significantly reduce the risks of emergency situations.

The development of technological process at oil refineries increases the requirements for speed, reliability and versatility of automated emergency protection systems.

In this connection three main directions of research of the given problems arise:

- first, obtaining, processing and issuing information about the mode of operation of the automated emergency protection system (AAPS);
- secondly, control of the algorithm of functioning. Secondly, control of the algorithm of emergency protection system functioning with the help of commands given by the ASEPPP;
- thirdly, diagnostics of the emergency protection system during the technological process.

The complexity of safety systems development is due to the growth of technological processes. Today, in the design and development of automated fire protection systems, it is necessary to implement artificial intelligence in order for the systems to function as intended. The purpose of this research is to create the basis of mathematical model of automatic control model of emergency protection control machine of polymerization process plant.

**Keywords:** model, control, Moore automaton, digital automaton, graph top, emergency protection, technological installation, polymerization.

**For citation:** Chudotvorova, K. M. Development of a method for simulating the structure of a control digital automatic emergency protection of technological installation for polymerization on microcontrollers / K. M. Chudotvorova, A. V. Fedorov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 84–91. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_84.

**Чудотворова Ксения Михайловна**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,  
кафедра «Электротехника автоматизированных систем и связи»,  
аспирант,  
e-mail: ksenifire@bk.ru

**Федоров Андрей Владимирович**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,  
кафедра «Автоматика»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: ksenifire@bk.ru

**Chudotvorova Ksenia Mikhailovna**

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations in Russia,  
Chair «Electrical Engineering of Automated Systems and Communications»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: ksenifire@bk.ru

**Fedorov Andrey Vladimirovich**

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations in Russia,  
Chair «Automatic»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: ksenifire@bk.ru

**ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

УДК 658.5, 621.331

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_92

*А. Н. Митрофанов, Ю. И. Жарков, С. А. Окладов***ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ  
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЯГИ ПОЕЗДОВ**

**Аннотация.** Представлен подход к построению цифровых двойников бизнес-процессов энергообеспечения тяги поездов на полигонах железных дорог. Подход основан на матричной структуре представления бизнес-процессов грузовых перевозок и их обеспечения со стороны центральных дирекций ОАО «РЖД». В качестве формы построения цифровых двойников (моделей) предложено использовать функционалы, а в качестве параметров цифровой модели – показатели, имеющие наибольший уровень корреляционной взаимосвязи с фактическим показателем энергообеспечения тяги поездов. В качестве показателей бизнес-процессов рассматривались: расход электроэнергии на тягу поездов; удельный расход электроэнергии на тягу поездов; небаланс электроэнергии; работа в электротяге; участковая скорость; средний вес грузового поезда и другие.

**Ключевые слова:** бизнес-процессы, энергообеспечение тяги поездов, расход электроэнергии, цифровые двойники, корреляционный анализ, методы идентификации.

**Для цитирования:** Митрофанов, А. Н. Подход к построению моделей цифровых двойников бизнес-процессов энергообеспечения тяги поездов / А. Н. Митрофанов, Ю. И. Жарков, С. А. Окладов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 92–102. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_92.

*A. N. Mitrofanov, Yu. I. Zharkov, S. A. Okladov***APPROACH TO BUILDING DIGITAL TWIN MODELS OF  
BUSINESS PROCESSES OF ENERGY SUPPLY FOR TRAIN TRACTION**

**Abstract.** The paper presents an approach to building digital twins of business processes for energy supply of train traction at railway ranges. The approach is based on a matrix structure for representing the business processes of freight transportation and their provision by the central directorates of Russian Railways. It is proposed to use functionals as a form of constructing digital twins (models), and as parameters of the digital model are indicators that have the highest level of correlation with the actual indicator of energy supply for train traction. The following indicators of business processes were considered as electricity consumption for traction of trains; specific energy consumption for traction of trains; power imbalance; work in electric traction; local speed; average weight of a freight train and others.

**Keywords:** business-processes, energy supply for train traction, electricity consumption, digital twins, correlation analysis, identification methods.

**For citation:** Mitrofanov, A. N. Approach to building digital twin models of business processes of energy supply for train traction / A. N. Mitrofanov, Yu. I. Zharkov, S. A. Okladov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 92–102. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_92.

#### Сведения об авторах

##### **Митрофанов Александр Николаевич**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),  
кафедра «Электроснабжение железнодорожного транспорта»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: almit77@mail.ru

##### **Жарков Юрий Иванович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Автоматизированные системы электроснабжения»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: zharkov43@gmail.com

##### **Окладов Сергей Анатольевич**

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),  
кафедра «Электроснабжение железнодорожного транспорта»,  
старший преподаватель,  
e-mail: okladov@samgups.ru

#### Information about the authors

##### **Mitrofanov Alexander Nikolaevich**

Samara State Transport University (SSTU),  
Chair «Power Supply of Railway Transport»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: almit77@mail.ru

##### **Zharkov Yury Ivanovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Automated Power Supply Systems»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: zharkov43@gmail.com

##### **Okladov Sergey Anatolievich**

Samara state transport university (SSTU),  
Chair «Power Supply of Railway Transport»,  
Senior Lecturer,  
e-mail: okladov@samgups.ru

УДК 621.313.33

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_103

*А. Д. Петрушин, В. В. Ляхов, А. И. Меликов*

### **ОПТИМАЛЬНЫЕ ТОРМОЗНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию режимов оптимального торможения асинхронным электроприводом с использованием принципа максимума. Критерием оптимизации выбран минимум квадрата питающего электродвигатель напряжения. Управляющими воздействиями являлись частота и амплитуда питающего напряжения. При расчетах использовалась математическая модель обобщенной электрической машины. Определено, что для случаев, когда требуется сокращение времени торможения асинхронного электропривода в соответствии с условиями работы электрооборудования, необходимо учитывать, что сокращение времени торможения приведет к увеличению электрических потерь в обмотках асинхронного двигателя и росту амплитудных значений тока и электромагнитного момента. Увеличение времени торможения позволит уменьшить электрические потери. Зависимость электрических потерь в обмотках асинхронного двигателя от времени оптимального торможения не линейна, следовательно, время торможения целесообразно выбирать на пологом участке этой зависимости.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, оптимизация, процесс торможения, потери в обмотках электродвигателя, электрическая энергия, энергоэффективность, принцип максимума, технологическое оборудование.

**Для цитирования:** Петрушин, А. Д. Оптимальные тормозные режимы работы асинхронного электропривода / А. Д. Петрушин, В. В. Ляхов, А. И. Меликов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 103–110. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_103.

*A. D. Petrushin, V. V. Lyakhov, A. I. Melikov*

## OPTIMAL BRAKING MODES OF OPERATION OF THE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

**Abstract.** The paper is devoted to the study of optimal braking modes by asynchronous electric drive using the maximum principle. The optimization criterion is the minimum square of the voltage supplying the electric motor. The controlling influences were the frequency and amplitude of the supply voltage. A mathematical model of a generalized electric machine was used in the calculations. It is determined that for cases when it is necessary to reduce the braking time of an asynchronous electric drive in accordance with the operating conditions of electrical equipment, it is necessary to take into account that reducing the braking time will lead to an increase in electrical losses in the windings of an asynchronous motor and an increase in the amplitude values of current and electromagnetic torque. Increasing the braking time will reduce electrical losses. The dependence of electrical losses in the windings of an asynchronous motor on the optimal braking time is not linear, therefore, it is advisable to choose the braking time on a flat section of this dependence.

**Keywords:** asynchronous electric drive, optimization, braking process, losses in the motor windings, electrical energy, energy efficiency, maximum principle, technological equipment.

**For citation:** Petrushin, A. D. Optimal braking modes of operation of asynchronous electric drive / A. D. Petrushin, V. V. Lyakhov, A. I. Melikov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 103–110. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_103.

### Сведения об авторах

**Петрушин Александр Дмитриевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство», доктор технических наук, профессор, e-mail : alex331685@yandex.ru

**Ляхов Виктор Владимирович**

ООО «ТМХ – Электротех», Начальник бюро пусконаладки и внедрения оборудования с ЧПУ отдела главного технолога, e-mail : Lyahovvv@nevz.com

**Меликов Алимурад Иламиневич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство», аспирант, e-mail: alimurad2015@yandex.ru

### Information about the authors

**Petrushin Alexander Dmitrievich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Car and Cars Facilities», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail : alex331685@yandex.ru

**Lyakhov Viktor Vladimirovich**

TMH – Electrotech LLC, Head of the Bureau of Commissioning and Implementation of CNC Equipment of the Department of the Chief Technologist, e-mail: Lyahovvv@nevz.com

**Melikov Alimurad Paminovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Car and Cars Facilities», Postgraduate Student, e-mail: alimurad2015@yandex.ru

УДК 613.6.027

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_111

*В. С. Чаплыгин*

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА РАБОТНИКОВ ХОЗЯЙСТВА ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Аннотация.** Психологические аспекты безопасности трудовой деятельности становятся все более актуальными, несмотря на автоматизацию производственных процессов, человек был и остается постоянным участником и одновременно самым уязвимым

элементом в системе «человек – машина». На сегодняшний день положение дел с производственным травматизмом в хозяйстве электрификации и электроснабжения свидетельствует о том, что уровень культуры безопасного труда не достиг того положения, когда безусловное выполнение основных требований безопасности является обязательным для всех работников. В статье рассмотрены вопросы формирования методики анализа и оценки профессиональных рисков с учетом влияния человеческого фактора как действенного инструмента по снижению травматизма.

**Ключевые слова:** система управления охраной труда, оценка профессиональных рисков, ранжирование, оценка влияния человеческого фактора, производственный травматизм, производственный процесс.

**Для цитирования:** Чаплыгин, В. С. Методика оценки профессиональных рисков с учетом влияния человеческого фактора работников хозяйства электрификации и электроснабжения / В. С. Чаплыгин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 111–118. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_111.

*V. S. Chaplygin*

### METHODOLOGY FOR ASSESSING OCCUPATIONAL RISKS USING THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR EMPLOYEES OF THE ELECTRIFICATION AND POWER SUPPLY FACILITIES

**Abstract.** Psychological aspects of work safety are becoming more and more relevant, despite the automation of production processes, a person has been and remains a constant participant and at the same time the most vulnerable element in the "man-machine" system. To date, the state of affairs with industrial injuries in the electrification and electricity supply economy indicates that the level of safe work culture has not reached the point where unconditional fulfillment of the basic safety requirements is mandatory for all employees. The paper discusses the issues of formation of methods of analysis and assessment of occupational risks using the influence of the human factor as an effective tool to reduce injuries.

**Keywords:** occupational safety management system; occupational risk assessment, ranking, human factor impact assessment, occupational injuries, production process.

**For citation:** Chaplygin, V. S. Methodology for assessing occupational risks using the influence of the human factor employees of the electrification and power supply facilities / V. S. Chaplygin, V. A. Aksenov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 111–118. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_111.

#### Сведения об авторах

##### Чаплыгин Владимир Сергеевич

Российский университет транспорта (РУТ МИИТ),  
кафедра «Техносферная безопасность»,  
аспирант,

ОАО «РЖД»,  
главный специалист Департамента экологии и  
техносферной безопасности,  
e-mail: waxchaplygin@mosk.ru

#### Information about the authors

##### Chaplygin Vladimir Sergeevich

Russian University of Transport (MIIT),  
Chair «Technosphere Safety»,  
Postgraduate Student,

JSC "Russian Railways",  
Chief Specialist of the Department of Ecology and  
Technosphere Safety,  
e-mail: waxchaplygin@mosk.ru

### ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ И ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 621.37/.39.001.5 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_119

*В. И. Куштин, П. Н. Щербак, Т. М. Пимшина, С. Е. Турчик*



## УЧЕТ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРЫ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫСОКОТОЧНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ, АСТРОНОМИЧЕСКИХ И ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Аннотация.** Учет влияния атмосферы на результаты астрономических, геодезических, фотограмметрических работ, а также дистанционного зондирования является актуальной задачей при реализации различных научных и практических проектов современности. Использование современных средств и методов геодезических измерений, изменяющиеся параметры атмосферы Земли вследствие природных и антропогенных процессов, повышение требований к точности полученных результатов обуславливают необходимость разработки более совершенных способов учета влияния рефракции и замедления скорости электромагнитных волн на точность измерений как в световом, так и в радиодиапазоне. В работе показана необходимость учета влияния рефракции на измеряемые расстояния при зенитных расстояниях более 45 градусов. Предложена формула для высокоточного определения поправок из-за влияния рефракции в измеренные радиооптическими системами расстояния.

**Ключевые слова:** атмосфера, рефракция, задержка радиосигнала, поправки в дальности, модели атмосферы, электромагнитные волны.

**Для цитирования:** Учет влияния атмосферы на результаты высокоточных геодезических, астрономических и фотограмметрических измерений / В. И. Куштин, П. Н. Щербак, Т. М. Пимшина, С. Е. Турчик // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 119–124. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_119.

*V. I. Kushtin, P. N. Shcherbak, T. M. Pimshina, S. E. Turchik*

### CONSIDERATION OF THE INFLUENCE OF THE ATMOSPHERE ON THE RESULTS OF HIGH-PRECISION GEODETIC, ASTRONOMICAL AND PHOTOGRAMMETRIC MEASUREMENTS

**Abstract.** According to the influence of the atmosphere on the results of astronomical, geodetic, photogrammetric work, as well as remote sensing is an urgent task in the implementation of various scientific and practical projects of our time. The use of modern means and methods of geodetic measurements, changing parameters of the Earth's atmosphere due to natural and anthropogenic processes, increasing requirements for the accuracy of the obtained results necessitate the development of more advanced ways to account for the influence of refraction and deceleration of the speed of electromagnetic waves on the accuracy of measurements both in the light and radio range. The paper shows the need to take into account the influence of refraction on the measured distances at zenith distances of more than 45 degrees. A formula is proposed for the high-precision determination of corrections due to the influence of refraction in the distances measured by radio-optical systems.

**Keywords:** atmosphere, refraction, radio signal delay, range corrections, atmospheric models, electromagnetic waves.

**For citation:** Consideration of the influence of the atmosphere on the results of high-precision geodetic, astronomical and photogrammetric measurements / V. I. Kushtin, P. N. Shcherbak, T. M. Pimshina, S. E. Turchik // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 119–124. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_119.

#### Сведения об авторах

##### Куштин Владимир Иванович

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

#### Information about the authors

##### Kushtin Vladimir Ivanovich

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

**Щербак Петр Николаевич**

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

**Пимшина Татьяна Михайловна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: ips@rgups.ru

**Турчик Светлана Евгеньевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог»,  
ассистент,  
e-mail: ips@rgups.ru

**Shcherbak Peter Nikolayevich**

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

**Pimshina Tatiana Mihailovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Research, Design and Construction of Railways»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associated professor,  
e-mail: ips@rgups.ru

**Turchik Svetlana Evgenievna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Research, Design and Construction of Railways»,  
Lectures,  
e-mail: ips@rgups.ru

УДК 656, 004.89; 656.052 // 625.173.1

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_125

*Н. И. Коваленко*

## ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

**Аннотация.** Изменение нормативных параметров в конструкции пути и его элементах, а также изменение технологии производства работ приводит к изменению характера взаимодействия подвижного состава и элементов пути, изменению вида и характеристик различных неисправностей, в особенности для условий интенсивной эксплуатации пути. Расчетами (с учетом моделирования) установлено, что для исправной и работоспособной конструкции пути коэффициент запаса прочности по напряжениям в наиболее нагруженном поперечном сечении рельса составляет 1,7 при жестком (стабилизированном) подрельсовом основании, 1,3 при слабом (мягком, сразу после ремонта подрельсовом основании). Как при слабом, так и при жестком подрельсовом основании в случае разрушения принимающей шпалы или её отсутствии коэффициент запаса прочности составил 0,82. В настоящее время, учитывая сравнительно невысокую трудоёмкость выполнения работ с применением регулировочных прокладок (карточек) на локальных участках, а также сравнительно короткий промежуток времени, необходимый для выполнения этих работ, данный способ получил широкое распространение для устранения неисправностей в виде локальных просадов, перекосов, других отклонений положения рельсовых нитей железнодорожного пути в профиле. На предварительной стадии установлено, что следствием уменьшения подрельсовой опорной площадки при использовании регулировочных прокладок (карточек) является уменьшение модуля упругости подрельсового основания на 7–15 % и увеличение на 8–12 % усталостных процессов деградации рельсовой стали.

**Ключевые слова:** регулировочная прокладка (карточка), равноресурсность элементов пути, излом рельса, наработка тоннажа, высокая грузонапряжённость, рельсовая сталь, подрельсовая опорная площадка, запас прочности по напряжениям, принимающий конец рельса.

**Для цитирования:** Коваленко, Н. И. Повышение уровня технического состояния железнодорожного пути / Н. И. Коваленко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 125–134. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_125.

*N. I. Kovalenko*

## IMPROVING THE TECHNICAL CONDITION LEVEL OF THE RAILWAY TRACK

**Abstract.** A change in the regulatory parameters in the track design and its elements, as well as a change in the technology of work, leads to a change in the nature of the interaction of rolling stock and track elements, a change in the type and characteristics of various malfunctions, especially for conditions of intensive track operation. The calculations to be done by modeling have established that for a serviceable and workable track structure, the stress safety factor in the most loaded cross-section of the rail is 1.7 with a rigid (stabilized) sub-rail base, 1.3 with a weak (soft, immediately after repair of the sub-rail base). Both with a weak and with a rigid sub-rail base, in case of destruction of the receiving sleeper or its absence, the safety margin coefficient was 0.82. Currently, given the relatively low complexity of performing work with the use of adjustment pads (cards) on local sections, as well as a relatively short period of time required to perform these works, this method has become widely used to eliminate malfunctions in the form of local subsidence, distortions, and other deviations in the position of the rail threads of the railway track in the profile. At the preliminary stage, it was found that the consequence of reducing the under-rail support platform when using adjustment pads (cards) is a decrease in the elastic modulus of the under-rail base by 7–15 % and an increase by 8–12 % fatigue processes of degradation of rail steel.

**Keywords:** adjustment gasket (card), equal resource of track elements, rail breakage, tonnage operating time, high load-bearing capacity, rail steel, under-rail support platform, stress safety margin, receiving end of the rail.

**For citation:** Kovalenko, N. I. Improving the technical condition level of the railway track / N. I. Kovalenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 125–134. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_125.

### Сведения об авторах

**Коваленко Николай Иванович**  
Российский университет транспорта (МИИТ),  
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: kni50@mail.ru

### Information about the authors

**Kovalenko Nikolay Ivanovich**  
Russian University of Transport (MIIT),  
Chair «Track and Track Facilities»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: kni50@mail.ru

УДК 624.21/.8 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_135

*В. Л. Шаповалов, М. В. Окост, А. В. Морозов, А. Г. Кочур*

## ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОСЛЕ РАЗРУШЕНИЯ

**Аннотация.** Рассмотрены нормативные документы и иные открытые источники, в которых приведены нормы продолжительности строительства мостовых сооружений в зависимости от их вида и параметров. Выполнен анализ сроков строительства мостовых сооружений, которые имели полную длину от 30 до 1800 м. В результате анализа определены сроки строительства в основной и подготовительный периоды, получены средние значения продолжительности на погонный метр сооружения. На основе полученных данных из нормативных документов и открытых источников построены графики зависимостей продолжительности строительства от протяженности мостового сооружения. По совокупности полученных данных построены графики минимальных, максимальных и средних сроков строительства. Полученные значения были сопоставлены со сроками, затраченными на восстановление реальных объектов (мостовых сооружений), которые были разрушены в результате воздействий природного характера.

**Ключевые слова:** искусственные сооружения, мосты, разрушения, воздействия, сроки восстановления.

**Для цитирования:** Подходы к оценке продолжительности восстановления мостовых сооружений после разрушения / В. Л. Шаповалов, М. В. Окост, А. В. Морозов, А. Г. Кочур // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 135–143. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_135.

*V. L. Shapovalov, M. V. Okost, A. V. Morozov, A. G. Kochur*

## APPROACHES FOR ASSESSING THE TIME PERIOD OF THE BRIDGE STRUCTURE REBUILDING AFTER DESTRUCTION

**Abstract.** The paper considers normative documents and other open sources, which give the norms for the duration of the construction of bridge structures, depending on their type and parameters. The terms of construction of bridge structures were analyzed, which had a total length of 30 to 1800 m. As a result of the analysis, the construction terms in the main and preparatory periods were determined and the average values of the duration per linear meter of the structure were obtained. On the basis of the data obtained from regulatory documents and open sources, graphs of the dependence of the duration of construction on the length of the bridge structure were constructed. Based on the totality of the data obtained, graphs of the minimum, maximum and average construction time were constructed. The obtained values were compared with the time spent on the restoration of bridge structures that were destroyed as a result of natural impacts on real objects.

**Keywords:** artificial structures, bridges, destruction, impacts, restoration.

**For citation:** Approaches for assessing the time period of the bridge structure rebuilding after destruction / V. L. Shapovalov, M. V. Okost, A. V. Morozov, A. G. Kochur // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 135–143. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_135.

### Сведения об авторах

#### **Шаповалов Владимир Леонидович**

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

#### **Окост Максим Викторович**

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

#### **Морозов Андрей Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Физика»,  
кандидат технических наук,  
e-mail: cpd@rgups.ru

#### **Кочур Андрей Григорьевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Физика»,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
e-mail: agk2007@bk.ru

### Information about the authors

#### **Shapovalov Vladimir Leonidovich**

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

#### **Okost Maksim Victorovich**

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

#### **Morozov Andrey Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Physics»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
e-mail: cpd@rgups.ru

#### **Kochur Andrey Grigorievich**

Rostov State University of Railways (RSTU),  
Chair «Physics»,  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,  
Professor,  
e-mail: agk2007@bk.ru

## ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 629.421.4(045)

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_144

*С. Н. Журавлев***К ВОПРОСУ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ  
МАНЕВРОВОГО ЛОКОМОТИВА ПРИ РАБОТЕ НА СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКЕ**

**Аннотация.** Рассматривается реализация проекта автоматического управления маневровыми локомотивами при работе на сортировочной станции. Приведена информация о реализованном проекте модернизации тепловозов ТЭМ7А для возможности диагностирования оборудования локомотива при работе в беспилотном режиме. Представлена структурная схема бортового оборудования маневрового тепловоза ТЭМ7А, имеющего возможность эксплуатироваться в автоматическом режиме под управлением систем верхнего уровня, а также осциллограммы результатов математического моделирования процессов надвига и роспуска составов. Приведены результаты опытных поездок локомотива с разработанным алгоритмом на сортировочной станции Лужская Октябрьской ж. д. (с различными скоростями движения и массами состава).

**Ключевые слова:** маневровый локомотив, беспилотное управление, поддержание заданной скорости движения, математическое моделирование, надвиг и роспуск составов, результаты испытаний маневровых локомотивов при работе в автоматическом режиме, круиз-контроль для локомотива.

**Для цитирования:** Журавлев, С. Н. К вопросу поддержания заданной скорости движения маневрового локомотива при работе на сортировочной горке / С. Н. Журавлев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 144–151. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_144.

*S. N. Zhuravlev***THE QUESTION OF KEEPING A SPECIFIED SPEED OF A SHUNTING LOCOMOTIVE  
WHEN OPERATING AT MARSHALLING YARDS**

**Abstract.** The paper describes the project implementation of shunting locomotives automatic control when operating at marshaling yard. It is provided the information about the implemented project of TEM7A diesel locomotives modernization for the possibility of diagnosing locomotive equipment when operating in unmanned mode. It is presented a block diagram of the on-board equipment of the TEM7A shunting diesel locomotive, which is equipped to operate in automatic mode under the control of top-level systems. And it is given the oscillogram records of mathematical modeling results of the train pushing and breaking up processes. The results of the locomotive test trips with the developed algorithm at the Luzhskaya marshaling yard of the Oktyabrskaya railway are given (with different speeds and masses of the train).

**Keywords:** shunting locomotive, unmanned control, keeping a specified speed, mathematical modeling, train pushing and breaking up, test results of shunting locomotives when operating in automatic mode, cruise control for a locomotive.

**For citation:** Zhuravlev, S. N. The question of keeping a specified speed of a shunting locomotive when operating at marshaling yards / S. N. Zhuravlev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 144–151. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_144.

Сведения об авторах

Information about the authors

**Журавлев Сергей Николаевич**  
акционерное общество  
«Научно-исследовательский и  
конструкторско-технологический институт  
подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»),  
заместитель главного инженера,  
e-mail: zhuravlev-sn@vnikti.com

**Zhuravlev Sergey Nikolayevich**  
Joint Stock «Company Scientific-Research  
and Design-Technology Institute of Rolling  
Stock» (JSC “VNIKTI”),  
Deputy Chief Engineer,  
e-mail: zhuravlev-sn@vnikti.com

УДК 629.4.027.5 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_152

*О. Л. Игнатьев, Я. К. Склифус, В. В. Ширококов, С. Шевченко*

### **РАЗДВИЖНАЯ КОЛЕСНАЯ ПАРА ДЛЯ ВАГОНОВ, ОБРАЩАЮЩИХСЯ В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СООБЩЕНИИ**

**Аннотация.** Представлена конструкция раздвижной колесной пары для вагонов, обращающихся в межгосударственном сообщении с разной шириной колеи. Представлены основные элементы разработанной раздвижной колесной пары, рассмотрено их взаимодействие при смене ширины колеи. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является использование в качестве фиксаторов стопорных пластин, которые работают исключительно на срез без сдвигающих усилий и дополнительно прижимаются к пазам за счет центробежной силы инерции при вращении колеса, что обеспечивает фиксацию колес при движении в случае поломки механизма. Данная конструкция характеризуется компактностью конструкции, повышенной надежностью и долговечностью. Также предложена инфраструктура железнодорожной станции для обеспечения смены колеи.

**Ключевые слова:** колесная пара, ступица, обод, фиксатор, привод фиксаторов, напольное оборудование.

**Для цитирования:** Раздвижная колесная пара для вагонов, обращающихся в межгосударственном сообщении / О. Л. Игнатьев, Я. К. Склифус, В. В. Ширококов, С. Шевченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 152–158. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_152.

*O. L. Ignatiev, Y. K. Sklifus, V. V. Shirobokov, S. Shevchenko*

### **SLIDING WHEELSET FOR RAILCARS IN INTERSTATE TRAFFIC**

**Abstract.** The paper presents the design of sliding wheelset for wagons operating in interstate traffic with different track gauge. It is presented the main elements of the developed sliding wheelset and their interaction for changing the track gauge. A distinctive feature of the proposed design is the use of locking plates as retainers, which work exclusively on shear without shear forces and are additionally pressed to the grooves due to the centrifugal force of inertia during wheel rotation, which provides fixation of wheels during movement even in case of mechanism breakdown. This design is characterized by compact design, increased reliability and durability. The infrastructure of the railroad station to provide gauge change is also proposed.

**Keywords:** wheelset, hub, rim, retainer, retainer drive, floor equipment.

**For citation:** Sliding wheel set for railcars in interstate traffic / O. L. Ignatiev, Y. K. Sklifus, V. V. Shirobokov, S. Shevchenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 152–158. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_152.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

**Игнатъев Олег Леонидович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: vvh@rgups.ru

**Склифус Ярослав Константинович**

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

**Широбок Владимир Вячеславович**

эксплуатационное вагонное депо Батайск, пункт технического обслуживания вагонов станции Батайск (ПТО Север),  
мастер участка производства,  
e-mail: shirobokovrgups@yandex.ru

**Шевченко Сергей**

филиал Самарского государственного технического университета в г. Сызрани,  
кафедра «Технология машиностроения»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: sfsamgtu@sfsamgtu.ru

**Ignatiev Oleg Leonidovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Car and Car Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: ips@rgups.ru

**Sklifus Yaroslav Konstantinovich**

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

**Shirobokov Vladimir Vyacheslavovich**

Operational Car Depot Bataysk,  
Maintenance Point for Carriages in Bataysk Station (PTO Sever),  
Production Supervisor,  
e-mail: shirobokovrgups@yandex.ru

**Shevchenko Sergey**

Samara State Technical University Branch in Syzran»,  
Chair «Mechanical Engineering Technology»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: sfsamgtu@sfsamgtu.ru

УДК 629.052.9

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_159

*С. П. Круглов, П. Ю. Иванов, А. А. Корсун***МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМ ЗНАЧЕНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПО НАЖАТИЮ \***

**Аннотация.** Методами математического описания и расчета обосновано преимущество реализации тормозной кривой пассажирского поезда с обеспечением постоянного коэффициента запаса по нажатию, определенного ранее для обеспечения одинаковых условий по свойству заклинивания колесных пар (юз) на всем периоде торможения. Выведена зависимость ускорения торможения от данного коэффициента. Решением интегральных уравнений для типовых параметров поезда построены зависимости пройденного пути от скорости (тормозная кривая), ускорения торможения от скорости и времени торможения при постоянстве указанного коэффициента. Названные характеристики были сравнены с аналогичными параметрами при реализации других способов управления торможением на одном и том же тормозном пути: при постоянном ускорении и постоянном тормозном нажатии (постоянном давлении в тормозной магистрали). Показана эффективность предлагаемого метода торможения в сравнении с вышеописанными.

**Ключевые слова:** тормозной путь, электропневматические тормоза, пассажирский подвижной состав, эффективность торможения, безюзное торможение, коэффициент запаса по нажатию.

**Для цитирования:** Круглов, С. П. Математическое обоснование эффективности торможения с постоянным значением коэффициента запаса по нажатию / С. П. Круглов, П. Ю. Иванов, А. А. Корсун // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 159–168. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_159.

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания по государственной работе «Адаптивная система автоматического управления с повышенной эффективностью тормозами пассажирских и высокоскоростных поездов» № 121050600026-9 от 06.05.2021.

*S. P. Kruglov, P. Yu. Ivanov, A. A. Korsun*

## MATHEMATICAL RATIONALE OF BRAKING EFFECTIVENESS WITH A CONSTANT PRESSURE SAFETY FACTOR

**Abstract.** Using methods of mathematical description and calculation, the advantage of implementing the braking curve of a passenger train is substantiated, ensuring a constant pressure safety factor, previously determined to ensure the same conditions for the property of wheel pairs throughout the entire braking period. The dependence of braking acceleration on this coefficient is derived. By solving integral equations for typical train parameters, the dependences of the distance traveled on speed (braking curve), braking acceleration on speed and braking time were constructed at a constant specified coefficient. These characteristics were compared with similar parameters when implementing other methods of braking control over the same braking distance: with constant acceleration and constant brake pressure (constant pressure in the brake line). It is shown the effectiveness of the proposed braking method in comparison with those described above.

**Keywords:** braking distance, electro-pneumatic brakes, passenger rolling stock, braking efficiency, skidless braking, pressure safety factor.

**For citation:** Kruglov, S. P. Mathematical rationale of braking efficiency with a constant pressure safety factor / S. P. Kruglov, P. Yu. Ivanov, A. A. Korsun // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 159–168. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_159.

### Сведения об авторах

#### **Круглов Сергей Петрович**

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

#### **Иванов Павел Юрьевич**

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

#### **Корсун Антон Александрович**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),  
кафедра «Электроподвижной состав»,  
аспирант,  
e-mail: korsunanton1998@gmail.com

### Information about the authors

#### **Kruglov Sergey Petrovich**

Irkutsk State Transport University (ISTU),  
Chair «Automation of Production Processes»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: kruglov\_s\_p@mail.ru

#### **Ivanov Pavel Yurievich**

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

#### **Korsun Anton Aleksandrovich**

Irkutsk State Transport University (ISTU),  
Chair «Electric Rolling Stock»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: korsunanton1998@gmail.com

УДК 656.225.073.437:662.75

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_169

*В. И. Моисеев, А. В. Жебанов*

## РАЗОГРЕВ ЗАСТЫВШИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ВЫГРУЗКЕ ИЗ ЦИСТЕРН РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

**Аннотация.** Тематика статьи обусловлена необходимостью организации перевозок застывающих наливных грузов на территории Российской Федерации при отрицательных температурах. К таким грузам можно отнести котельные и флотские мазуты, крекинг-остатки, тяжелые нефтяные масла, гудроны и нефтебитумы и др. Рассматривается



способ, обеспечивающий создание первичных каналов в застывшей массе нефтепродукта с возможностью использования как пароразогревающей системы, так и электро-разогревающей системы, оборудованных линейными нагревательными элементами. Устройство обеспечивает быстрый размыв затвердевшей фракции, проводимый практически одновременно с выгрузкой. Предлагаемые мероприятия, направленные на повышение устойчивости движения вагона-цистерны или автомобильной цистерны, а также снижение затрат времени и тепловой энергии при выгрузке застывающих наливных грузов, легко осуществимы.

**Ключевые слова:** вагон-цистерна, автомобильная цистерна, транспортировка застывающих грузов, разогрев вязких грузов, выгрузка при отрицательных температурах.

**Для цитирования:** Моисеев, В. И. Разогрев застывших нефтепродуктов при выгрузке из цистерн различного назначения в зимних условиях / В. И. Моисеев, А. В. Жебанов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 169–176. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_169.

*V. I. Moiseev, A. V. Zhebanov*

## HEATING OF FROZEN PETROLEUM PRODUCTS DURING UNLOADING FROM TANKERS FOR VARIOUS PURPOSES IN WINTER CONDITIONS

**Abstract.** The subject of the paper is due to necessity to organize the transportation of the solidified bulk cargo on the territory of the Russian Federation at subzero temperatures. Such cargoes include boiler and naval fuel oil, cracking residues, heavy petroleum oils, tar and oil bitumen, etc. A method is considered that provides the creation of primary channels in the solidified mass of petroleum product with the possibility of using both a steam heating system and an electric heating system equipped with linear heating elements. The device provides rapid erosion of the solidified fraction carried out almost simultaneously with unloading. The proposed measures aimed at increasing the stability of the movement of a tank car or a tank car, as well as reducing the time and thermal energy costs when unloading solidified bulk cargo are easily feasible.

**Keywords:** tank wagon, tank car, transportation of solidified cargo, heating of viscous cargo, unloading at subzero temperatures.

**For citation:** Moiseev, V. I. Heating of frozen petroleum products during unloading from tankers for various purposes in winter conditions / V. I. Moiseev, A. V. Zhebanov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 169–176. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_169.

### Сведения об авторах

#### Моисеев Владимир Иванович

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),  
кафедра «Математика и моделирование»,  
доктор технических наук, доцент, профессор,  
e-mail: moiseev\_v\_i@list.ru

#### Жебанов Александр Владимирович

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

### Information about the authors

#### Moiseev Vladimir Ivanovich

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS),  
Chair «Mathematics and Modeling»,  
Doctorate of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor,  
e-mail: moiseev\_v\_i@list.ru

#### Zhebanov Alexander Vladimirovich

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

*В. А. Соломин, В. В. Штанке*

## СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МАГНИТОИНДУКЦИОННЫМИ ДАТЧИКАМИ

**Аннотация.** Повышение надежности и гарантирование бесперебойной работы железной дороги – это задача, решение которой лежит в области функциональных возможностей магнитоиндукционных датчиков. Результаты данного исследования получены на основе многолетнего опыта эксплуатации магнитоиндукционных датчиков в системах железнодорожной автоматики (ЖАТ). Был изучен алгоритм идентификации дефекта колеса, основанного на выделении полезного сигнала, а также определение сигнала, соответствующего определенному типу дефекта. Результаты исследования позволили сформулировать план модернизации магнитоиндукционных датчиков с перспективой объединения их в систему мониторинга, которая будет непрерывно диагностировать техническое состояние поверхности качения колес подвижного состава при движении над датчиком. Внедрение данной методики анализа позволит диагностировать изъяны железнодорожных колесных пар непосредственно на маршруте следования поезда и гарантирует снижение аварийности на железных дорогах нашей страны. Также разрабатываются алгоритмы сигналов, соответствующих конкретному дефекту, и внедрение разработанного программного обеспечения для расширения функциональных возможностей магнитоиндукционных датчиков.

**Ключевые слова:** магнитоиндукционный датчик, мониторинг состояния колеса, износ колесной пары, функциональная диагностика, анализ сигналов.

**Для цитирования:** Соломин, В. А. Способ диагностики дефектов колесных пар подвижного состава магнитоиндукционными датчиками / В. А. Соломин, В. В. Штанке // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 177–187. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_177.

*V. A. Solomin, V. V. Shtanke*

## A METHOD FOR DIAGNOSING DEFECTS IN WHEEL SETS OF ROLLING STOCK BY MAGNETOINDUCTION SENSORS

**Abstract.** Increasing reliability and guaranteeing uninterrupted operation of the railway is an objection where its solution lies in the field of functionality of magnetic induction sensors. The results of this study were obtained on the basis of many years of experience in operating magnetic induction sensors in railway automation systems (RAS). An algorithm for identifying a wheel defect based on isolating a useful signal, as well as determining a signal corresponding to a certain type of defect, was studied. The results of the study made it possible to formulate a plan for the modernization of magnetic induction sensors with the prospect of combining them into a monitoring system that will continuously diagnose the technical condition of the rolling surface of rolling stock wheels when moving over the sensor. The introduction of this analysis technique will make it possible to diagnose flaws in railway wheel sets directly on the train route and guarantee a reduction in the accident rate on the railways of our country. Algorithms for signals corresponding to a specific defect are also being developed, and the implementation of developed software to expand the functionality of magnetic induction sensors is being developed.

**Keywords:** magnetic induction sensor, wheel condition monitoring, wheel set wear, functional diagnostics, signal analysis.

**For citation:** Solomin, V. A. A method for diagnosing defects in wheel sets of rolling stock by magnetoinduction sensors / V. A. Solomin, V. V. Shtanke // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 177–187. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_177.

**Соломин Владимир Александрович**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Электрические машины и аппараты»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: ema@rgups.ru

**Штанке Вероника Валериевна**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
начальник Научно-внедренческого центра  
«Безопасность транспорта»,  
e-mail: Arnold.shtanke@yandex.ru

**Solomin Vladimir Alexandrovich**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Electric Machines and Apparatuses»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: ema@rgups.ru

**Shtanke Veronika Valeryevna**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Head of the Scientific and Innovation Center  
«Transport Safety»,  
e-mail: Arnold.shtanke@yandex.ru

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 519.862.6, 624.014, 621.332.31

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_188

*Л. А. Астраханцев, М. П. Базилевский, О. В. Лобанов, В. П. Ступицкий*

### РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Аннотация.** Рассмотрена разработка математических моделей напряженно-деформированного состояния металлических опор контактной сети железных дорог. В качестве математического аппарата использованы методы теории планирования эксперимента. Напряженно-деформированное состояние характеризуется максимальным напряжением в элементе по Мизесу, максимальным продольным нормальным сжатым и растянутым напряжением, деформацией элемента. Входными переменными выступают сжимающая/растягивающая сила, наличие повреждения на элементе, его длина и площадь поперечного сечения, дополнительная сила в поперечном направлении. Проведен полный факторный эксперимент из 32 опытов. Опыты проведены с использованием программного комплекса конечноэлементного моделирования Femap. По результатам опытов с помощью эконометрического пакета Gretl построены четыре математических модели регрессионного типа. С их помощью выявлены факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на напряженно-деформированное состояние.

**Ключевые слова:** контактная сеть, опоры, железная дорога, напряженно-деформированное состояние, теория планирования эксперимента, математическая модель.

**Для цитирования:** Разработка математических моделей напряженно-деформированного состояния металлических опор контактной сети железных дорог методами теории планирования эксперимента / Л. А. Астраханцев, М. П. Базилевский, О. В. Лобанов, В. П. Ступицкий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 188–195. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_188.

*L. A. Astrakhansev, M. P. Bazilevsky, O. V. Lobanov, V. L. Stupitskiy*

### DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF METAL SUPPORTS OF THE RAILWAY OVERHEAD LINE BY METHODS OF EXPERIMENTAL PLANNING THEORY

**Abstract.** The paper is devoted to the development of mathematical models of the stress-strain state of metal supports of the railway overhead line. The methods of the theory of experimental planning are used as a mathematical apparatus. The stress-strain state is characterized by the maximum Mises stress in the element, the maximum longitudinal normal compressed and stretched stress, and the deformation of the element. The input variables are the compressive/tensile force, the presence of damage on the element, its length and cross-sectional area, additional force in the

transverse direction. A complete factorial experiment of 32 experiments was conducted. The experiments were carried out using the Femap finite element modeling software package. Based on the results of the experiments, four regression-type mathematical models were constructed using the Gretl econometric package. With their help, the factors that have the strongest influence on the stress-strain state have been identified.

**Keywords:** overhead line, supports, railway, stress-strain state, theory of experiment planning, mathematical model.

**For citation:** Development of mathematical models of the stress-strain state of metal supports of the railway overhead line by methods of experimental planning theory / L. A. Astrakhantsev, M. P. Bazilevsky, O. V. Lobanov, V. L. Stupitskiy // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 188–195. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_188.

#### Сведения об авторах

**Астраханцев Леонид Алексеевич**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),  
кафедра «Электроэнергетика транспорта»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: astrahancev1943@mail.ru

**Базилевский Михаил Павлович**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),  
кафедра «Математика»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: mik2178@yandex.ru

**Лобанов Олег Викторович**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),  
кафедра «Электроэнергетика транспорта»,  
аспирант,  
e-mail: oleg.6965@mail.ru

**Ступицкий Валерий Петрович**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),  
кафедра «Электроэнергетика транспорта»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: dokasvp@mail.ru

#### Information about the authors

**Astrakhantsev Leonid Alekseevich**

Irkutsk State Transport University (ISTU),  
Chair «Electrical Power Industry of Transport»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: astrahancev1943@mail.ru

**Bazilevsky Mikhail Pavlovich**

Irkutsk State Transport University (ISTU),  
Chair «Mathematics»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associated Professor,  
e-mail: mik2178@yandex.ru

**Lobanov Oleg Viktorovich**

Irkutsk State Transport University (ISTU),  
Chair «Electrical Power Industry of Transport»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: oleg.6965@mail.ru

**Stupitskiy Valeriy Petrovich**

Irkutsk State Transport University (ISTU),  
Chair «Electrical Power Industry of Transport»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associated Professor,  
e-mail: dokasvp@mail.ru

УДК 621.89 + 665.7.035

DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_196

*Н. С. Почес, В. Н. Мальшев*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВЫХ КЕРАМОПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию новых керамополимерных покрытий, сформированных методом микродугового оксидирования (МДО), при трении в экологически безопасных смазочных материалах, в качестве которых использовали полиальфаолефин (ПАО), полиэтиленгликоль (ПЭГ) и диизотридецил адипат (ДИТА). Формирование покрытий производили в слабощелочном электролите с добавлением суспензии фторопласта при использовании циклического режима. Для улучшения прочности сцепления фторопласта с оксидной матрицей производили дополнительную термическую обработку. Полученные керамополимерные покрытия состоят из оксидной матрицы с внедренными в нее частицами фторопласта. Проведенные испытания показали,

что новые керамополимерные покрытия имеют улучшенные триботехнические характеристики относительно традиционных МДО-покрытий при трении как по стали, так и по одноименной поверхности.

**Ключевые слова:** микродуговое окисление, керамополимерные покрытия, триботехнические характеристики, экологически безопасные смазочные материалы.

**Для цитирования:** Почес, Н. С. Исследование триботехнических характеристик новых керамополимерных покрытий в экологически безопасных смазочных материалах / Н. С. Почес, В. Н. Малышев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 196–203. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_196.

*N. S. Poches, V. N. Malyshev*

## STUDY OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF NEW CERAMIC-POLYMER COATINGS IN ENVIRONMENTALLY SAFE LUBRICANTS

**Abstract.** This work is devoted to the study of new ceramic-polymer coatings formed by microarc oxidation (MAO) method during friction in environmentally saved lubricants using polyalphaolefin (PAO), polyethylene glycol (PEG) and diisotridecyl adipate (DITA). The coatings were formed in a weakly alkaline electrolyte with the addition of a fluoroplastic suspension using a cyclic mode. To improve the adhesion strength of fluoroplastic to the oxide matrix, additional heat treatment was performed. The resulting ceramic-polymer coatings consist of an oxide matrix with fluoroplastic particles embedded in it. Tests have shown that new ceramic-polymer coatings have improved tribological characteristics relative to traditional MAO coatings at the friction both to steel and to the eponymous surface.

**Keywords:** microarc oxidation, ceramic-polymer coatings, tribotechnical characteristics, environmentally safe lubricants.

**For citation:** Poches, N. S. Study of tribotechnical characteristics of new ceramic-polymer coatings in environmentally safe lubricants / N. S. Poches, V. N. Malyshev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 196–203. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_196.

### Сведения об авторах

#### **Почес Никита Сергеевич**

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, кафедра «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования», ассистент, e-mail: nikitapoches@gmail.com

#### **Малышев Владимир Николаевич**

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, кафедра «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования», доктор технических наук, профессор, e-mail: vmal@inbox.ru

### Information about the authors

#### **Poches Nikita Sergeevich**

National University of Oil and Gas «Gubkin University», Chair «Tribology and Repair Technologies of Oil and Gas Equipment», Lecture, e-mail: nikitapoches@gmail.com

#### **Malyshev Vladimir Nikolaevich**

National University of Oil and Gas «Gubkin University», Chair «Tribology and Repair Technologies of Oil and Gas Equipment», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: vmal@inbox.ru

*А. В. Харитонов, Е. К. Рыбников*

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В УЗЛЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СВЯЗИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ И РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ГИДРОБЛОКА С ЧАСТОТНО-ЗАВИСИМОЙ УПРУГО-ВЯЗКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ**

**Аннотация.** Рассмотрена возможность применения в узле связи буксового рычага с рамой тележки скоростного электропоезда гидроблока, имеющего частотно-зависимую характеристику радиальной горизонтальной жесткости. Конструкция гидроблока позволяет комбинировать низкие значения продольной жесткости при движении в кривых участках пути с высокими значениями продольной жесткости, необходимыми для устойчивости движения с высокой скоростью. С увеличением скорости движения железнодорожного экипажа частота горизонтальных колебаний колесной пары увеличивается, что приводит к возрастанию динамической жесткости гидроблока и обеспечению высокой критической скорости экипажа. Движение в кривых участках пути, напротив, осуществляется с меньшими скоростями движения и частотами колебаний колесной пары. Подбор оптимальных параметров гидроблока позволяет обеспечить как высокий запас устойчивости, так и уменьшение угла набегания колесной пары при движении в кривых участках пути и, как следствие, снижение износа поверхностей колеса и рельса.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, гидроблок, скоростной электропоезд, динамическая жесткость, универсальный механизм.

**Для цитирования:** Харитонов, А. В. Возможность применения в узле горизонтальной связи колесной пары и рамы тележки гидроблока с частотно-зависимой упруго-вязкой характеристикой / А. В. Харитонов, Е. К. Рыбников // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 204–214. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_204.

*A. V. Kharitonov, E. K. Rybnikov*

### **THE POSSIBILITY OF USING A HYDROBLOCK WITH A FREQUENCY-DEPENDENT ELASTIC-VISCOUS CHARACTERISTIC IN A HORIZONTAL COUPLING UNIT OF A WHEELSET AND A TROLLEY FRAME**

**Abstract.** The paper considers the possibility of using a axle lever with a trolley frame of a high-speed electric train in the communication node instead of a traditional rubber-metal hinge with a conditionally constant longitudinal stiffness - a hydroblock having a frequency-dependent characteristic of radial horizontal stiffness. This design of the hydroblock allows you to combine low values of longitudinal stiffness when moving in curved sections of the track with high values of longitudinal stiffness necessary for stability of movement at high speed. With an increase in the speed of movement of the railway crew, the frequency of horizontal vibrations of the wheelset increases, which leads to an increase in the dynamic rigidity of the hydroblock and ensuring a high critical speed of the crew. On the contrary, movement in curved sections of the track is carried out with lower movement speeds and vibration frequencies of the wheelset. The selection of optimal parameters of the hydroblock makes it possible to provide both a high margin of stability and a decrease in the angle of approach of the wheelset when driving in curved sections of the track, and as a result, a decrease in wear on the surfaces of the wheel and rail.

**Keywords:** mathematical modeling, hydroblock, high-speed electric train, dynamic rigidity, universal mechanism.

**For citation:** Kharitonov, A. V. The possibility of using a hydroblock with a frequency-dependent elastic-viscous characteristic in a horizontal coupling unit of a wheelset and a trolley frame / A. V. Kharitonov, E. K. Rybnikov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 204–214. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_204.

**Сведения об авторах****Харитонов Антон Витальевич**

Проектно-конструкторско-технологическое бюро по нормированию – филиал ОАО «РЖД», ведущий технолог отдела ОНлок,

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), кафедра «Электропоезда и локомотивы», аспирант,  
e-mail: anton.har@mail.ru

**Рыбников Евгений Константинович**

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), кафедра «Электропоезда и локомотивы», кандидат технических наук, профессор,  
e-mail: rek40@mail.ru

**Information about the authors****Kharitonov Anton Vitalievich**

Design and Technological Bureau for Rationing – Branch of RZD «Russian Railways», Leading Technologist of the ONlok Department,

Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Chair «Electric Trains and Locomotives», Postgraduate Student,  
e-mail: anton.har@mail.ru.

**Rybnikov Evgeny Konstantinovich**

Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Chair «Electric Trains and Locomotives», Candidate of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: rek40@mail.ru

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

**1** **Материалы статей** представляют в виде текстов, отформатированных и распечатанных на лазерном или струйном принтере (пригодных для сканирования) на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) в одном экземпляре. Рекомендуемый объем статьи – 5–15 страниц.

Одновременно представляют электронную версию статьи, выполненной в текстовом редакторе Word for Windows, шрифт Times New Roman, 11 pt, межстрочный интервал – одинарный, выравнивание по ширине, абзацный отступ – 1,25 см, все поля – 2 см.

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

- **УДК** – в левом верхнем углу;
- интервал;
- **инициалы и фамилии авторов** – по центру, курсивом;
- интервал;
- **название статьи** – заглавными буквами, полужирным шрифтом, по центру, без переносов;
- интервал;
- **аннотация** (80–150 слов);
- **ключевые слова** (5–10 слов);
- интервал;
- **текст статьи** – печатается с переносами.
- интервал;
- **список литературы** на русском и английском языках (не менее 10 источников).

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

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

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

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

Тире, дефис, знак «минус» обозначают соответствующими знаками. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы следует печатать в Word отдельно от формул, в круглых скобках по правому краю.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

**6 Рисунки и фотографии**, выполненные четко и контрастно в формате \*.tif, \*.jpg, \*.png, с разрешением не менее 300 точек на дюйм, следует размещать в порядке их упоминания в тексте. Ссылки на рисунки в тексте и 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.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.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](mailto:pmv_nis@rgups.ru) ; [nis@rgups.ru](mailto:nis@rgups.ru) (дополнительный).

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

*Научное издание*

**ВЕСТНИК  
Ростовского государственного университета  
путей сообщения**

Научно-технический журнал

**№ 3 (91)  
2023**

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

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

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

Редакторы: А.В. Артамонов, Т.В. Бродская,  
Т.И. Исаева, Т.М. Чеснокова, 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 21.09.2023.  
Дата выхода в свет 22.09.2023.  
Печать офсетная.  
Знак информационной продукции 16+.

Формат 60×84/8.  
Усл. печ. л. 25,33.  
Тираж 510 экз.  
Цена свободная.

Бумага офсетная.  
Изд. № 54.  
Заказ № 55.

---

**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.**