

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.896 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_8

*Н. С. Задорожная, М. А. Мукутадзе, В. И. Киришчиева***РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ МИКРОПОЛЯРНОГО СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ПОДШИПНИКЕ С ПЛАВКИМ ПОКРЫТИЕМ ПРИ НЕПОЛНОМ ЗАПОЛНЕНИИ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА**

Аннотация. В работе на основе уравнения течения микрополярной жидкости для «тонкого слоя», уравнения неразрывности, а также уравнения, описывающего профиль расплавленного контура направляющей, покрытой металлическим сплавом, с учетом формулы для скорости диссипации механической энергии найдено асимптотическое и точное автомодельное решение клиновидной опоры скольжения с адаптированным к условиям трения опорным профилем ползуна и металлическим покрытием поверхности направляющей при учете зависимости реологических свойств смазочного материала и расплава, обладающих при ламинарном режиме течения истинно вязкими свойствами, от давления при частичном заполнении рабочего зазора. Получены аналитические зависимости для профиля расплавленной поверхности металлического покрытия направляющей.

Ключевые слова: частичное заполнение, микрополярная жидкость, клиновидная опора скольжения, гидродинамика

Для цитирования: Задорожная, Н. С. Расчетная модель микрополярного смазочного материала в подшипнике с плавким покрытием при неполном заполнении рабочего зазора / Н. С. Задорожная, М. А. Мукутадзе, В. И. Киришчиева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 8–17. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_8.

*N. S. Zadorozhnaya, M. A. Mukutadze, V. I. Kirishchieva***CALCULATION MODEL OF A MICROPOLAR LUBRICANT IN A BEARING WITH A FUSIBLE COATING WHEN THE WORKING GAP IS NOT FULLY FILLED**

Abstract Based on the equation of the flow of a micropolar liquid for a "thin layer", the continuity equation, as well as the equation describing the profile of the molten contour of a guide coated with a metal alloy, taking into account the formula for the rate of mechanical energy dissipation, an asymptotic and accurate self-similar solution of a wedge-shaped sliding support with a slider support profile adapted to friction conditions and a metal coating of the guide surface is found, taking into account the dependence of the rheological properties of the lubricant and the melt, having truly viscous properties under the laminar flow regime, depending on the pressure when the working gap is partially filled. Analytical dependences for the profile of the molten surface of the metal coating of the guide are obtained.

Keywords partial filling, micropolar liquid, wedge-shaped sliding support, hydrodynamics.

For citation: Zadorozhnaya, N. S. Calculation model of a micropolar lubricant in a bearing with a fusible coating when the working gap is not fully filled / N. S. Zadorozhnaya, M. A. Mukutadze, V. I. Kirishchieva // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No.4. – P. 8–17. DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_8.

Сведения об авторах

Information about the authors

Задорожная Наталья Сергеевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
кандидат физико-математических наук, доцент,
e-mail: simon@sfedu.ru

Киришчьева Виктория Игоревна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Экономика, учет и анализ», старший преподаватель
e-mail: milaya_vika@list.ru

Мукутадзе Мурман Александрович

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

Zadorozhnaya Natalia Sergeevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Department of Higher Mathematics,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: simon@sfedu.ru

Kirishchieva Victoria Igorevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Economics, Accounting and Analysis»,
Senior Lecturer,
e-mail: milaya_vika@list.ru

Mukutadze Murman Alexandrovich

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

УДК 621.891 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_18

*И. А. Майба***РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВА АКТИВАЦИИ ТРЕНИЯ ЛОКОМОТИВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Аннотация. Представлены результаты исследований по разработке программ и методик стендовых испытаний основных элементов устройства активации трения локомотивов. В ходе обоснования выбора режимов и видов испытаний проведен анализ размещения оборудования устройства активации трения локомотива (УАТЛ) в электровазоне ЭЭС5К. Установлено, что часть оборудования, обеспечивающего управление системами пневмопривода, размещена в кузове локомотива, а часть механического оборудования и пневмопривод расположены на раме тележки локомотива. В ходе разработки программы испытаний были установлены требования по проверке исправности и правильности функционирования устройства. УАТЛ включает в себя проверку усилия нажатия, создаваемого пневмоцилиндром, проверку герметичности. Проверка проводится после воздействия внешних механических воздействий по принципу проверки функционирования с использованием пневматической схемы. Проверку сохранности внешнего вида и надежности креплений УАТЛ после воздействия внешних механических факторов проводят методом визуального контроля (осмотра) невооруженным глазом наружных поверхностей элементов конструкции УАТЛ. Представленный в работе материал позволяет корректно проводить испытания и получать результаты, которые в случае подтверждения соответствия требованиям технической документации на устройство УАТЛ, обеспечивают надежность работы оборудования в эксплуатации с заданной наработкой на отказ.

Ключевые слова: испытания, устройство активации трения, внешние механические воздействия, напряжения, проверка правильности функционирования.

Для цитирования: Майба, И. А. Разработка программы и методики испытаний устройства активации трения локомотива на устойчивость к воздействию внешних механических факторов / И. А. Майба // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 18–23. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_18.

I. A. Maiba

DEVELOPMENT OF THE PROGRAM AND METHODOLOGY TESTING OF THE LOCOMOTIVE FRICTION ACTIVATION DEVICE FOR RESISTANCE TO EXTERNAL MECHANICAL FACTORS

Abstract. It is presented the results of the research development programs and methods for bench testing the main elements of the locomotive friction activation device. In the course of substantiating the choice of modes and types for testing, an analysis was made of the equipment placement for a friction activation device for a locomotive (UATL) in a 3ES5K electric locomotive. It has been established that a part of the equipment providing control of the pneumatic drive systems is located in the locomotive body, and a part of the mechanical equipment and the pneumatic drive are located on the locomotive bogie frame. During the development of the test program, the requirements for checking the serviceability and correct functioning of the device were established. UATL includes checking the pressing force created by the pneumatic cylinder, checking the tightness. The test is carried out after exposure to external mechanical influences according to the principle of a functional test using a pneumatic circuit. Checking the safety of the appearance and reliability of the UATL fasteners after exposure to external mechanical factors is carried out by the method of visual control (inspection) with the naked eye of the outer surfaces of the UATL structural elements. The material presented in the work allows you to correctly conduct tests and obtain results that, in the case of confirmation of compliance with the requirements of the technical documentation for the UATL device, ensure the reliability of the equipment in operation with a given MTBF.

Keywords: tests, friction activation device, external mechanical influences, stresses, operability check.

For citation: Maiba, I. A. Development of the program and methodology testing of the locomotive friction activation device for resistance to external mechanical factors / I. A. Maiba // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 18–23. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_18.

Сведения об авторах

Майба Игорь Альбертович

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

Information about the authors

Maiba Igor Albertovich

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

УДК 621.31. + 06

DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_24

И. С. Морозкин, А. Л. Озябкин

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СХЕМ ЗАЖИГАНИЯ ДУГИ ДЛЯ ТИРИСТОРНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Аннотация. Исследования проводились с целью оптимизации работы схемы зажигания дуги в начале сварки и формирования капли малых размеров при окончании сварки. С учетом проведенной корректировки циклограммы разработан вариант модернизированной схемы тиристорного выпрямителя для питания сварочного поста при полуавтоматической сварке. В результате исследований были определены оптимальные параметры элементов схем. Были подобраны оптимальные параметры работы схемы, при которых не наблюдались обрывы дуги и формирование капли на конце электрода. Для надежного бесконтактного зажигания дуги необходимо обеспечить соотношение d_k

$< 2d_s$. Было установлено, что процесс перехода от повышенного напряжения к установившемуся напряжению сварки проходит без обрыва дуги при использовании сварочных проволок 1,6 и 2,0 мм на различных режимах сварки.

Ключевые слова: бесконтактное зажигание дуги, тиристорный источник питания, циклограмма, напряжение, модернизации схемы выпрямителя.

Для цитирования: Морозкин, И. С. Моделирование гидродинамики и теплообмена в каналах с турбулизаторами / И. С. Морозкин, А. Л. Озябкин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 24–31. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_24.

I. S. Morozkin, A. L. Ozyabkin

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ARC IGNITION CIRCUITS FOR THYRISTOR RECTIFIERS

Abstract. Studies were conducted to optimize the operation of the arc ignition circuit at the beginning of welding and formation of a small drop at the end of welding. Using the cyclogram adjustment, the version was developed upgraded circuit of the thyristor rectifier for power supply to welding station at semi-automatic welding. As a result of the studies, the optimal parameters of the elements of the schemes were determined. Optimal circuit operation parameters were selected, at which no arc breaks and formation of a drop at the end of the electrode were observed. For reliable contactless ignition of the arc, the ratio $dc < 2de$ must be provided. It was found that the transition process from increased voltage to steady state the welding stress passes without breaking the arc using the welding wires 1.6; 2.0 mm in various welding modes.

Keywords: contactless arc ignition, thyristor power supply, cyclogram, voltage, modernization of rectifier circuit.

For citation: Morozkin, I. S. Research and development of arc ignition circuits for thyristor rectifiers / I. S. Morozkin A. L. Ozyabkin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 24–31. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_24.

Сведения об авторах

Морозкин Игорь Сергеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Технология металлов»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Озябкин Андрей Львович

Ростовский государственный университет путей сообщения
кафедра «Транспортные машины и триботехника», доктор технических наук, доцент
e-mail: ozyabkin@mail.ru

Information about the authors

Morozkin Igor Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Metal Technology»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Ozyabkin Andrey Lvovich

Rostov State University of Railways (RSTU)
Department of "Transport Machines and Tribotechnics"
e-mail: ozyabkin@mail.ru

Аннотация. Предложена функционально-структурная модель тормозного механизма в качестве основания структурно-параметрического синтеза. Для ее создания тормозной механизм развивался поэтапно с сохранением иерархичности. В качестве элемента замещения был выбран узел охлаждения тормозного диска. В результате разработанной функционально-структурной модели были предложены входные и выходные макропараметры, являющиеся базисными для разработки математической модели структурно-параметрического синтеза тормозного механизма.

Ключевые слова: функционально-структурная модель, тормозной механизм, узел охлаждения, элемент замещения, структурно-параметрический синтез, макропараметр.

Для цитирования: Поляков, П. А. Функционально-структурная модель структурно-параметрического синтеза тормозного механизма / П. А. Поляков // Вестник Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 32–43. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_32.

P. A. Polyakov

FUNCTIONAL-STRUCTURAL MODEL OF THE STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF THE BRAKING MECHANISM

Abstract. It is proposed the functional-structural model of the braking mechanism as the basis for structural-parametric synthesis. To create it, the braking mechanism was developed piecemeal with the hierarchy preservation. The brake disc cooling unit was selected as a replacement element. As a result of the developed functional-structural model, input and output macroparameters were proposed, which are the basis for the development of a mathematical model of the structural-parametric synthesis of the braking mechanism.

Keywords: functional-structural model, braking mechanism, cooling unit, replacement element, structural-parametric synthesis, macroparameter.

For citation: Polyakov, P. A. Functional-structural model of the structural-parametric synthesis of the braking mechanism / P. A. Polyakov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 32–43. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_32.

Сведения об авторе

Поляков Павел Александрович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),

научно-производственный центр «Охрана труда»,

кандидат технических наук,

ведущий научный сотрудник,

e-mail: polyakov.pavel88@mail.ru

Information about the author

Polyakov Pavel Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Research and Production Center «Labor Protection»,

Candidate of Engineering Sciences,

Leading Researcher,

e-mail: polyakov.pavel88@mail.ru

УДК 621.33.001.2 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_44

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИЯ

О. С. Веригин, А. А. Зарифьян, В. И. Плис

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЯГОВОМ ПРИВОДЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГРУЗОВОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Аннотация. Представлена математическая модель тягового электропривода магистрального грузового электровоза переменного тока, учитывающая влияние процессов в контактной сети и нелинейности элементов электрической схемы силовых цепей тяговых двигателей. Предлагаемые методы могут быть применены при анализе нештатных внешних воздействий, таких как нестационарные процессы в контактной сети, срыв

сцепления колесной пары с рельсами, резкое изменение управляющих воздействий со стороны машиниста и т. п.

Ключевые слова: электровоз, тяговый электропривод, колесная пара, объект управления, структурная схема, компьютерная модель

Для цитирования: Веригин, О. С. Исследование электромеханических процессов в тяговом приводе магистрального грузового электровоза переменного тока с учетом влияния контактной сети / О. С. Веригин, А. А. Зарифьян, В. И. Плис // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 44–55. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_44.

O.S. Verigin, A. A. Zarifyan, V. I. Plis

RESEARCH OF ELECTROMECHANICAL PROCESSES IN THE TRACTION DRIVE OF THE MAIN FREIGHT ELECTRIC TRUCK ALTERNATIVE CURRENT WITH THE INFLUENCE OF THE CONTACT NETWORK

Abstract. The paper presents a mathematical model of a traction electric drive of a main-line freight electric locomotive of the alternating current with the influence of processes in the contact network and the nonlinearity of the electric circuit elements in the power circuits of the traction motors. The proposed methods can be applied in the analysis of abnormal external influences, such as non-stationary processes in the contact network, disruption of adhesion of a wheel pair with rails, a sharp change in the control actions from the driver, etc.

Keywords: electric locomotive, traction electric drive, wheel-set, control object, structural diagram, computer model.

For citation: Verigin, O. S. Research of electromechanical processes in the traction drive of the main freight electric truck alternative current with the influence of the contact network / O. S. Verigin, A. A. Zarifyan, V. I. Plis // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 4. – P. 44–55. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_44.

Сведения об авторах

Веригин Олег Сергеевич

ОАО «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт электровозостроения» (ОАО «ВЭЛНИИ»),
ведущий инженер,
e-mail: o.verigin@inbox.ru

Зарифьян Александр Александрович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: zarifian_aa@mail.ru

Плис Виктор Иванович

ООО «ТМХ-Инжиниринг», обособленное подразделение в г. Новочеркасске,
конструкторское бюро «Локомотивы»,
инженер-конструктор системотехник 1 категории,
кандидат технических наук,
e-mail: victorplis@yandex.ru

Information about the authors

Verigin Oleg Sergeyevich

OJSC «All-Russian Research and Design Institute of Electric Locomotive Engineering » (OJSC «VEL-NII»),
Leading Engineer,
e-mail: o.verigin@inbox.ru

Zarifyan Alexander Alexandrovich

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

Plis Viktor Ivanovich

JSC «TMH-Engineering», separate subdivision in Novocherkassk,
Design Bureau «Locomotives»,
Design Engineer System Technician of the 1st category,
Candidate of Engineering Sciences,
e-mail: victorplis@yandex.ru

Ю. С. Кабалык

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ПОНИЖЕННЫМИ ПУЛЬСАЦИЯМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА

Аннотация. Рассмотрен электрический привод с асинхронным двигателем, в котором применена технология снижения пульсаций электромагнитного момента. Для достижения этого статорная обмотка разделена на две идентичные обмотки, получающие питание от отдельных инверторов напряжения. Система управления этими инверторами построена таким образом, чтобы они генерировали токи с одинаковой фазой, но различными фазами высших гармоник. Такое техническое решение приводит к взаимной компенсации пульсаций магнитного потока одноименных фаз, в результате чего снижаются пульсации как суммарного магнитного потока, так и электромагнитного момента на валу двигателя. Для исследования предлагаемого электрического привода было проведено компьютерное моделирование, результаты которого доказывают эффективность данного метода. Дополнительно было определено, что использование широтно-импульсной модуляции с синусоидальным опорным сигналом приводит к появлению дополнительных пульсаций электромагнитного момента. Для снижения этих пульсаций было применено добавление третьей гармоники в опорный сигнал в системе управления. Такое решение дополнительно снизило пульсации электромагнитного момента, а также повысило КПД привода.

Ключевые слова: электрический привод, асинхронный двигатель, пульсации электромагнитного момента, коэффициент полезного действия, инвертор напряжения.

Для цитирования: Кабалык, Ю. С. Исследование асинхронного электрического привода с пониженными пульсациями электромагнитного момента / Ю. С. Кабалык // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 56–64. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_56.

I. S. Kabalyk

RESEARCH OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH THE REDUCED ELECTROMAGNETIC TORQUE RULES

Abstract. An electric drive with an asynchronous motor is considered, in which the technology of reducing the pulsations of the electromagnetic moment is applied. To achieve this, the stator winding is split into two identical windings, powered by separate voltage inverters. The control system for these inverters is designed in such a way that they generate currents with the same phase, but different phases of the higher harmonics. This technical solution leads to mutual compensation of pulsations of the magnetic flux of the phases of the same name, as a result of which the pulsations of both the total magnetic flux and the electromagnetic moment on the motor shaft are reduced. To study the proposed electric drive, a computer simulation was carried out, the results of which prove the effectiveness of this method. Additionally, it has been determined that the use of pulse width modulation with a sinusoidal reference signal results in additional ripple of the electromagnetic torque. To reduce this ripple, a third harmonic was added to the reference signal in the control system. This solution further reduced the pulsations of the electromagnetic torque, and also increased the drive efficiency.

Keywords: electric drive, induction motor, torque ripples, efficiency, voltage inverter.

For citation: Kabalyk, I. S. Research of an asynchronous electric drive with the reduced electromagnetic torque rules / I. S. Kabalyk // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 4. – P. 56–64. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_56.

Сведения об авторах**Кабалык Юрий Сергеевич**

Дальневосточный государственный университет
путей сообщения (ДВГУПС),
кафедра «Транспорт железных дорог»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: kabalyk@list.ru

Information about the authors**Kabalyk Iurii Sergeevich**

Far Eastern State Transport University (FESTU),
Chair «Transport of Railways»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Pro-
fessor,
e-mail: kabalyk@list.ru

УДК 621.311:621.311 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_65

*А. А. Чехова***ПАРАМЕТРЫ ОБМОТКИ ВТОРИЧНОЙ ЧАСТИ ТЯГОВОГО ЛИНЕЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ТРОГАНИИ С МЕСТА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОГО ПОЕЗДА**

Аннотация. Рассмотрена новая конструкция асинхронного двигателя с разомкнутым магнитопроводом (АДРМ) для высокоскоростного магнитолевитационного транспорта, которая позволяет изменять сопротивление короткозамкнутой обмотки вторичной части в широких пределах. Получены соотношения для расчета активного и индуктивного сопротивлений короткозамкнутой обмотки АДРМ с оценкой действия поверхностного эффекта. Представленные результаты позволят проектировать высокоскоростные магнитолевитационные системы с заданными и регулируемым пуско-регулируемыми характеристиками.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, разомкнутый магнитопровод, пусковой режим, активное и индуктивное сопротивления, короткозамкнутая обмотка вторичной части.

Для цитирования: Чехова, А. А. Параметры обмотки вторичной части тягового линейного двигателя при трогании с места высокоскоростного магнитолевитационного поезда / А. А. Чехова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 65–73. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_65.

*А. А. Chekhova***WINDING PARAMETERS OF THE SECONDARY PART OF A TRACTION LINEAR MOTOR AT STARTING A HIGH-SPEED MAGNETOLEVITATION TRAIN**

Abstract. It is considered a new design of the induction motor with an open magnetic circuit for high-speed magnetic-levitation transport, which allows changing the resistance of the short-circuited winding of the secondary element over a wide range. The differences are obtained for calculating the active and inductive resistances of the short-circuited winding of the IMOMC with an assessment of the surface effect. The presented results will make it possible to design high-speed magnetic-levitation systems with preset and adjustable starting and control characteristics.

Keywords: induction motor, open magnetic circuit, starting mode, active and inductive resistance, short-circuited winding of the secondary element.

For citation: Chekhova, A. A. Winding parameters of the secondary part of a traction linear motor at starting a high-speed magnetolevitation train / A. A. Chekhova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 65–73. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_65.

Сведения об авторах**Чехова Анастасия Алановна**

Ростовский Государственный Университет
Путей Сообщения(РГУПС)

Information about the authors**Chekhova Anastasia Alanovna**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Electric Machines and Apparatuses»,
Postgraduate Student,

кафедра «Электрические машины и аппараты»,
аспирант,
e-mail: ema@rgups.ru

e-mail: ema@rgups.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 621.3 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_74

Т. В. Васеева, Е. А. Альтман

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СИНУСОИДАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРА СИГНАЛА ПРЯМЫМ КОРРЕЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. Для оценки параметров синусоидальных составляющих с частотой, которая не кратна частоте основной гармоники сигнала (далее – промежуточные гармоники), обычно используются методы интерполирования параметров гармоник сигнала, которые в свою очередь находятся с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). Однако наибольшую точность оценки параметров может обеспечить нахождение их прямым корреляционным методом.

Суть прямого корреляционного метода заключается в вычислении корреляций сигнала с комплексной экспоненциальной функцией при различных параметрах этой функции. Существенным недостатком такого подхода является его большая вычислительная сложность.

В работе рассматриваются способы быстрой реализации прямого корреляционного метода. Выделяется два основных подхода. В первом метод описывается с использованием матричных операций, для выполнения которых имеются хорошо оптимизированные библиотечные функции, работающие на различных вычислительных платформах. При втором подходе используется техника дополнения сигнала нулями и определения промежуточных гармоник с помощью специальных усеченных версий БПФ (pruned FFT, УБПФ).

Представлены реализации обоих подходов с использованием платформы для научных вычислений SciPy. Применение высокоуровневых библиотек без написания циклов по обработке данных позволило использовать модели на языке Python для анализа быстродействия методов.

По результатам моделирования была показана принципиальная возможность использования прямого корреляционного метода для решения объявленной задачи на современных компьютерах и даны рекомендации по сценариям применения рассмотренных подходов к реализации этого метода.

Ключевые слова: гармоника, дискретное преобразование Фурье, быстрое преобразование Фурье, метод дополнения нулями, усеченное быстрое преобразование Фурье, корреляционный метод, поворачивающие множители, быстродействие, спектральный анализ, моделирование.

Для цитирования: Васеева, Т. В. Вычислительно эффективный способ определения параметров промежуточных синусоидальных составляющих дискретного спектра сигнала прямым корреляционным методом / Т. В. Васеева, Е. А. Альтман // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 74–82. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_74.

T. V. Vaseeva, E. A. Altman

A COMPUTATIVELY EFFECTIVE METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF NONHARMONIC SINUSOIDAL SIGNAL SPECTRUM COMPONENTS BY DIRECT CORRELATION METHOD

Abstract. To estimate the parameters of nonharmonic sinusoidal components of a signal,

methods of interpolating the parameters of the signal's harmonics are usually used, which, in turn, are found using the fast Fourier transform (FFT). However, the greatest accuracy of the parameter estimation can be provided by finding them by the direct correlation method.

The essence of the direct correlation method is to calculate the correlations of a signal with a complex exponential function for various parameters of this function. A significant disadvantage of this approach is its great computational complexity.

The paper discusses ways for implementation the direct correlation method. There are two main approaches. At first, it is described the method with using matrix operations, for which there are well-optimized library functions that work on various computing platforms. The second approach uses the technique of padding the signal with zeros and detecting non-harmonic components using special pruned versions of the FFT (pruned FFT).

The paper presents the implementation of both approaches using the scientific computing platform SciPy. The use of high-level libraries without writing data processing loops made it possible to use models in the Python language for analyzing the performance of methods.

Based on the simulation results, the fundamental possibility of using the direct correlation method for solving the declared problem on modern computers have been shown, and recommendations were given on scenarios for the application of the considered approaches to the implementation of this method.

Keywords: harmonic, discrete Fourier transform, fast Fourier transform, zero complement method, truncated fast Fourier transform, correlation method, turning factors, speed, spectral analysis, modeling.

For citation: Vaseeva, T. V. A computatively effective method for determining the parameters of nonharmonic sinusoidal signal spectrum components by direct correlation method / T. V. Vaseeva, E. A. Altman // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 74–82. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_74.

Сведения об авторах

Васеева Татьяна Валериевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Автоматика и системы управления»,
старший преподаватель,
e-mail: tvvaseeva@gmail.com

Альтман Евгений Анатольевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Автоматика и системы управления»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: AltmanEA@gmail.com

Information about the authors

Vaseeva Tatiana Valerievna

Omsk State Transport Univirsity (OSTU),
Department «Automatic and Control Systems»,
Senior Lecturer,
e-mail: tvvaseeva@gmail.com

Altman Evgeniy Anatolievich

Omsk State Transport Univirsity (OSTU),
Department «Automatic and Control Systems»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
e-mail: AltmanEA@gmail.com

УДК 625.1 : 004 + 06

DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_83

В. Д. Верескун, Д. В. Романова, Д. Е. Притыкин, Н. Н. Мусиенко

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МЕТОДИКИ ДЕЛОВЫХ ИГР НА ВИРТУАЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПЕРСОНАЛА ДИРЕКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ И ТЯГИ

Аннотация. Рассмотрен механизм функционирования и принципы построения учебно-лабораторного комплекса «Виртуальная железная дорога», описаны особенности проведения деловых игр, проанализирована успешность исполнения поставленных задач, предложены варианты устранения ошибок, пути развития проекта.

Ключевые слова: учебно-лабораторный комплекс, цифровой двойник железной дороги, виртуальная железная дорога, автоматизированное рабочее место.

Для цитирования: Особенности построения методики деловых игр на виртуальной железной дороге, при взаимодействии персонала Дирекции управления движением и тяги /

В. Д. Верескун, Д. В. Романова, Д. Е. Притыкин, Н. Н. Мусиенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 83–90. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_83.

V. D. Vereskun, D. V. Romanova, D. E. Pritikin, N. N. Musienko

**FEATURES OF THE METHODOLOGY CONSTRUCTION OF BUSINESS GAMES
ON A VIRTUAL RAILWAY WITH INTERACTION
OF THE STAFF DIRECTORATE OF TRAFFIC CONTROL AND TRACTION**

Abstract. The mechanism of functioning and the principles of building the educational and laboratory complex "Virtual Railroad" are considered; the features of conducting business games are described; the success of the tasks is analyzed, options for eliminating errors; ways of project development are proposed.

Keywords: educational laboratory complex, railroad digital twin, virtual railroad, automated workplace.

For citation: Features of the construction of the methodology of business games on a virtual railway, with the interaction of the staff of the directorate of traffic control and traction / V.D Vereskun, D.V Romanova, D.E Pritikin, N.N Musienko// Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No.4. – P. 83–90. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_90.

Сведения об авторах	Information about the authors
Верескун Владимир Дмитриевич Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Теоретическая механика», доктор технических наук, профессор, ректор университета, e-mail: vvd@rgups.ru	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
Романова Дарья Валерьевна Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), Центр развития инновационных компетенций (ЦРИК), лаборант, e-mail: Ru20dar@yandex.ru	Romanova Daria Valerievna Rostov State Transport University (RSTU), Development of Innovation Competencies Centre, Laboratory Assistant, e-mail: Ru20dar@yandex.ru
Притыкин Дмитрий Евгеньевич Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Тяговый подвижной состав», кандидат технических наук, доцент, e-mail: pde_crik@rgups.ru	Pritikin Dmitry Evgenievich Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Traction Rolling Stock», Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, e-mail: pde_crik@rgups.ru
Мусиенко Нина Николаевна Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Управление эксплуатационной работой», кандидат технических наук, доцент, e-mail: ninarostov@yandex.ru	Musienko Nina Nikolaevna Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Operational Management», Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, e-mail: ninarostov@yandex.ru

УДК 621.396.66 + 06

DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_91

Д. Д. Габриэльян, Б. Х. Кульбикаян, П. И. Костенко, О. А. Сафарьян

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА, ДИАГНОСТИКИ

И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы применения искусственного интеллекта при построения экспертной системы для проведения мониторинга, диагностики и прогнозирования на основе обобщения численно-аналитического метода оценивания параметров случайных процессов на случай априорно неизвестных законов распределения случайных величин. Проанализированы особенности, связанные с указанной постановкой задачи. Предложено в рамках экспертной системы введение семейства обобщенных функций правдоподобия, определяемых на основе различных законов распределения параметров случайного процесса. Приведены соотношения, определяющие обобщенную функцию правдоподобия. На примере системы одновременно и независимо функционирующих генераторов рассмотрены вопросы построения и получения наиболее правдоподобных оценок текущих значений частоты генераторов, позволяющие повысить точность диагностирования и прогнозирования технического состояния систем связи, радиолокации, радионавигации и радиотехнического обеспечения.

Для рассматриваемой экспертной системы представлена блок-схема взаимосвязи операций, выполняемых в системе контроля и диагностики.

Ключевые слова: случайные процессы, функция правдоподобия, плотность распределения, генераторы высокочастотных сигналов, вариация Аллана, производственная модель.

Для цитирования: Искусственный интеллект в системе мониторинга, диагностики и прогнозирования технического состояния радиотехнических систем / Д. Д. Габриэлян, Б. Х. Кульбикаян, П. И. Костенко, О. А. Сафарьян // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 91–99. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_91.

D. D. Gabriel'an, B. H. Kulbikayan, P. I. Kostenko, O. A. Safaryan

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SYSTEM OF MONITORING, DIAGNOSTICS AND FORECASTING THE TECHNICAL CONDITION OF THE RADIO ENGINEERING SYSTEMS

Abstract.

The paper discusses the use of the artificial intelligence in the construction of an expert system for monitoring, diagnostics and forecasting based on the generalization of the numerical-analytical method of estimating the parameters of random processes in the case of a priori unknown laws of the distribution of random variables. The features associated with the specified formulation of the problem are analyzed. The introduction of a set of generalized likelihood functions determined on the basis of various laws of distribution of parameters of a random process is proposed within the expert system. The relations defining the generalized likelihood function are given. Using the example of a system of simultaneously and independently functioning generators, the issues of constructing and obtaining the most plausible estimates of the current frequency values of generators are considered. They make it possible to increase the accuracy of diagnosing and predicting the technical condition of the communication systems, radar, radio navigation and radio engineering support.

For the expert system under consideration, a block diagram of the relationship of products performed in the control and diagnostic system is presented.

Keywords: random processes, likelihood function, distribution density, high-frequency signal generators, Allan variation.

* Работа выполнена при материальной поддержке РФФИ, грант № 19-01-00151/21.

For citation: Artificial intelligence in the system of monitoring, diagnostics and forecasting of technical condition of the radio engineering systems / D. D. Gabriel'an, B. H. Kulbikayan, P. I. Kostenko, O. A. Safaryan // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No.4. – P. 91–99. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_91.

Сведения об авторах

Габриэлян Дмитрий Давидович

Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: d.gabrieljan2011@yandex.ru

Кульбикаян Баграт Хачересович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Связь железнодорожном транспорте»,
кандидат физико-математических наук,
e-mail: bagrat@rgups.ru

Костенко Петр Иванович

Московский государственный технический университет гражданской авиации (Ростовский филиал),
кафедра «Авиационное электрорадиоприборное оборудование»,
кандидат технических наук,
e-mail: pit.kostenko.73@mail.ru

Сафарьян Ольга Александровна

Донской государственный технический университет (ДГТУ),
кафедра «Кибербезопасность информационных систем»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: safari_2006@mail.ru

Information about the authors

Gabriel'an Dmitry Davidovich

Rostov Scientific Institute of Radio Communication,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: d.gabrieljan2011@yandex.ru

Kulbikayan Bagrat Hacheresovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Communication on Railway Transport»,
PhD of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
e-mail: bagrat@rgups.ru

Kostenko Petr Ivanovich

Rostov branch of Moscow State Technical University Civil Aviation (MTSU GA),
Chair «AIRPO»,
PhD of Engineering Sciences,
e-mail: pit.kostenko.73@mail.ru

Safaryan Olga Alexandrovna

Don State Technical University (DSTU),
Chair «Cybersecurity of Information Systems»,
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor,
e-mail: safari_2006@mail.ru

УДК 001 + 06

DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_100

С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий, В. Снашел, А. В. Суханов

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ ПТГ'21¹

Аннотация. 30.09–4.10.2021 года в ПГТ «Сириус» (Россия) была проведена 5-я Международная научная конференция «Интеллектуальные информационные технологии в промышленности и на производстве» (ПТГ'21), организованная Ростовским государственным университетом путей сообщения, Российской ассоциацией искусственного интеллекта, а также VSB-техническим университетом г. Острова (Чешская Республика). Основной целью конференции явилось обсуждение приложений современных интеллектуальных информационных технологий в промышленности, а также перспектив развития прикладных и фундаментальных аспектов теории искусственного интеллекта и современных информационных технологий. В данной статье представлены наиболее интересные работы в области прикладных интеллектуальных технологий, представленные на конференции ПТГ'21.

Ключевые слова: интеллектуальные информационные технологии, искусственный

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 19-07-00195, 20-07-00100, 20-37-51002.

интеллект, мягкие вычисления, интеллектуализация промышленности.

Для цитирования: Аналитический обзор трудов конференции ИТИ'21 / С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий, В. Снашел, А. В. Суханов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 100–121. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_100.

S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgiy, V. Snasel, A. V. Sukhanov

ANALYTICAL REVIEW OF THE PROCEEDINGS OF THE ИТИ'21 CONFERENCE

Abstract. The 5th International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (ИТИ'21) was co-organized by Rostov State Transport University, Russian Association of Artificial Intelligence and VSB-Technical University of Ostrava on September 30th – October 4th in Sirius Village (Russia). The main aim of the conference was a discussion of the applications of modern intelligent information technologies for industry and the development of theory in area of artificial intelligence and information technologies. The paper presents the most interesting works presented at ИТИ'21.

Keywords: information intelligent systems, artificial intelligence, soft computing, applied intelligent technologies for industry.

For citation: Analytical review of the proceedings of the iiti'21 conference / S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgiy, V. Snasel, A. V. Sukhanov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 4. – P. 100–121. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_100.

Сведения об авторах

Ковалев Сергей Михайлович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Автоматика и телемеханика на ж.-д. транспорте», профессор, Ростовский филиал АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (РостФ НИИАС), главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, e-mail: ksm@rfniias.ru

Гуда Александр Николаевич

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

Долгий Александр Игоревич

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

Information about the authors

Kovalev Sergey Mikhaylovich

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Automatics and Remote Control on Railway Transport», Professor JSC «NIIAS», Rostov Branch, Chief Scientific Researcher, Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: ksm@rfniias.ru

Guda Alexander Nikolayevich

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

Dolgiy Alexander Igorevich

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

Снашел Вацлав

Остравский технический университет (VSB-TUO),
доктор технических наук, профессор, ректор,
e-mail: vaclav.snasel@vsb.cz

Snasel Vaclav

Technical University of Ostrava (VSB-TUO),
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Rec-
tor,
e-mail: vaclav.snasel@vsb.cz

Суханов Андрей Валерьевич

Ростовский государственный университет пу-
тей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вычислительная техника и автомати-
зированные системы управления»,
РостФ НИИАС, отделение инновационных и
интеллектуальных технологий цифровой стан-
ции, заместитель начальника отделения,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: a.suhanov@rfniias.ru

Sukhanov Andrey Valerievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Computing Techniques and Automated
Control Systems», Associate Professor,
JSC «NIIAS»,
Rostov Branch, Vice Head of Department,
Candidate of Engineering Sciences,
e-mail: iiti16@rgups.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.21 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_122

*В. Н. Зубков, И. Ф. Кравченко***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ СТАНЦИИ САЛЬСК НА БАЗЕ ЕЁ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ РАСТУЩИХ ОБЪЕМОВ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК**

Аннотация. Рассмотрено текущее состояние производственных мощностей Северо-Кавказской железной дороги в целом и станции Сальск в частности. С учетом перспективного и текущего уровней загрузки обоснована необходимость реконструкции участка Котельниково – Тихорецк для усиления пропускной способности. Проведен анализ технологических и инфраструктурных ограничений нечетной горловины парка «Север» станции Сальск, предложен ряд мероприятий по их устранению.

Ключевые слова: железнодорожная станция, пропускная способность, технология работы, реконструкция парков и путей, экономическая эффективность.

Для цитирования: Зубков, В. Н. Совершенствование технологии работы станции Сальск на базе её реконструкции для освоения растущих объемов грузовых перевозок / В. Н. Зубков, И. Ф. Кравченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – №4 – С. 122–131. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_122.

*V. N. Zubkov, I. F. Kravchenko***IMPROVEMENT OF OPERATING TECHNOLOGY OF SALSJK STATION ON THE BASIS OF ITS RECONSTRUCTION FOR DEVELOPING THE GROWING VOLUMES OF FREIGHT TRANSPORTATION**

Abstract. The current state of the production facilities of the North Caucasian Railway as a whole and the Salsk station are considered. Taking into account the prospective and current level of loading, the necessity of reconstruction of the Kotelnikovo – Tikhoretsk section is substantiated in order to increase the throughput. The analysis of the technological and infrastructural limitations of the Salsk station, in particular the odd throat of the Sever park, was carried out, a number of measures were proposed to eliminate them.

Keywords: railway station, traffic capacity, work technology, reconstruction of parks and tracks, economic efficiency.

For citation: Zubkov V. N. Improvement of operating technology of Salsk station on the basis of its reconstruction for development the growing volumes of freight transportation /

V. N. Zubkov, I. F. Kravchenko // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. – 2021. – №4 – P. 122–131. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_122.

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

Кравченко Иван Федорович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Управление эксплуатационной работой», аспирант, e-mail: kif1_1@mail.ru

Information about the authors**Zubkov Viktor Nikolaevich**

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

Kravchenko Ivan Fedorovich

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Management of Operational Work», Graduate Student, e-mail: kif1_1@mail.ru

УДК 656.21 + 06

DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_132

*Е. В. Климова***ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОДНОПУТНОГО ПЕРЕГОНА
В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

Аннотация. Представлены результаты исследования пропускной способности однопутного перегона в периоды полного прекращения и восстановления движения поездов при различных типах графика движения поездов. Установлено, что перерывы в движении поездов на однопутных перегонах, связанные с различными форс-мажорными обстоятельствами, такими как сходы селей, лавин и др. могут наступить в любой момент и не могут быть спрогнозированы. Однако в оперативных условиях возникает необходимость оценки основных показателей работы железнодорожного участка, в частности, пропускной способности перегона после восстановления движения поездов; продолжительности восстановления нормальной работы участка; дополнительных эксплуатационных расходов, связанных с организацией работы восстановительных поездов и задержками пассажирских и грузовых поездов.

Результаты исследования представлены в виде зависимостей ключевых показателей работы участка от коэффициента пакетности при числе поездов в пакете не более двух. Применение представленной адаптированной методики позволит оценить время восстановления нормальной работы перегона (участка) железной дороги, а также определить дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с работой восстановительных поездов, с задержками пассажирских и грузовых поездов при различных типах графика движения.

Ключевые слова: однопутный перегон, прекращение движения поездов, восстановление движения поездов, пропускная способность перегонов, задержки поездов, эксплуатационные расходы.

Для цитирования: Климова, Е. В. Пропускная способность однопутного перегона в период восстановления движения поездов / Е. В. Климова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 132–143. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_132.

*Е. В. Klimova***SINGLE-TRACK STAGE CAPACITY DURING THE RESTORATION
OF TRAIN TRAFFIC**

Abstract. The results of a study of the capacity of a single-track stage during the periods of complete cessation and restoration of train traffic under various types of train schedules are presented. It is established that interruptions in the movement of trains on single-track stages associated with various force majeure circumstances, such as mudslides, avalanches, etc. they can occur at any time and cannot be predicted. However, in operational conditions, there is a need to assess the main performance indicators of the railway section, in particular, the capacity of the stage after the restoration of train traffic; the duration of the restoration of normal operation of the section; additional operating costs associated with the organization of the work of recovery trains and delays of passenger and freight trains.

The results of the study are presented in the form of dependencies of the key performance indicators of the section on the batch ratio when the number of trains in the package is not more than two. The application of the presented adapted methodology will allow us to estimate the time of restoration of normal operation of the railway stage (section), as well as to determine additional operating costs associated with the operation of recovery trains, with delays of passenger and freight trains under different types of traffic schedules.

Keywords: single-track stage, termination of train traffic, restoring train traffic, stage traffic capacity, train delays, operating costs.

For citation: Klimova, E. V. Single-track stage capacity during the restoration of train traffic / E. V. Klimova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 4. – P. 132–143. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_132.

Сведения об авторах

Климова Екатерина Викторовна

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,
кандидат экономических наук, доцент,
заведующий научно-исследовательской лабораторией «Совершенствование перевозочного процесса»,
e-mail: kate-kitton@yandex.ru

Reference

Klimova Ekaterina Viktorovna

Siberian Transport University (STU),
Chair «Track Maintenance Management»,
Candidate of Economic Sciences, Associate
Professor,
Head of the research laboratory
«Improving the transportation process»,
e-mail: kate-kitton@yandex.ru

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ И ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 621.64 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_144

М. М. Кутень

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Аннотация. Элементы трубопроводного транспорта относятся к опасным производственным объектам и подвергаются как периодическому, так и непрерывному диагностированию. Для оценки состояния объектов трубопроводного транспорта и повышения надежности контроля применяется ряд методов неразрушающего контроля, в том числе акустико-эмиссионный. Работа посвящена исследованию параметров акустической эмиссии, которые позволяют находить и идентифицировать дефекты. Статья содержит результаты акустико-эмиссионного контроля металлических сосудов давления как бездефектных, так и с искусственно нанесенными концентраторами напряжений в виде пропилов различной конфигурации, нормально ориентированных к поверхности объекта контроля. Гидравлическое испытание сосудов давления осуществлялось при статической нагрузке с помощью ручной насосной станции до разрушения. Полученные результаты испытаний позволили использовать обработанные данные при анализе и оценке технического состояния опасных производственных объектов, имеющих аку-

тивные источники акустической эмиссии, которые излучают упругие колебания в течение времени нагружений. На основе массива статистических данных разработан способ определения расстояния от приемного преобразователя до источника акустической эмиссии, который позволит сократить число преобразователей на объекте контроля и осуществлять мониторинг в условиях ограниченного доступа к поверхности.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, тип источника, локация, трубопроводный транспорт, система диагностики.

Для цитирования: Кутень, М. М. Возможности применения акустико-эмиссионного метода контроля в системе мониторинга состояния трубопроводов / М. М. Кутень // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 144–153. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_144.

М. М. Kuten

POSSIBILITIES OF APPLICATION THE ACOUSTIC-EMISSION CONTROL METHOD IN THE PIPELINE CONDITION MONITORING SYSTEM

Abstract. Elements of pipeline transport are classified as hazardous production facilities and are subject to both periodic and continuous diagnostics. A number of non-destructive testing methods, including acoustic emission, are used to assess the state of pipeline transport facilities and improve the reliability of control. The work is devoted to the study of acoustic emission parameters, which make it possible to find and identify defects. The article contains the results of acoustic emission testing of metal pressure vessels, both defect-free and with artificially applied stress concentrators in the form of cuts of various configurations, normally oriented to the surface of the test object. Hydraulic testing of pressure vessels was carried out under static load using a manual pumping station until failure. The obtained test results made it possible to use the processed data in the analysis and assessment of the technical state of hazardous production facilities with active sources of acoustic emission, which emit elastic vibrations during the loading time. On the basis of an array of statistical data, a method has been developed for determining the distance from the receiving transducer to the source of acoustic emission, which will make it possible to reduce the number of transducers at the test object and to carry out monitoring in conditions of limited access to the surface.

Keywords: acoustic emission, type of source, location, pipeline transport, diagnostic system.

For citation: Kuten, M. M. Possibilities of application the acoustic-emission control method in the pipeline condition monitoring system / M. M. Kuten // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 144–153. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_144.

Сведения об авторах

Кутень Мария Михайловна

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Электротехника, диагностика и сертификация»,
аспирант,
e-mail: mariabychkova94@mail.ru

Information about the authors

Kuten Mariya Mikhailovna

Siberian Transport University (STU),
Chair «Electrical Engineering, Diagnostics and Certification»,
Postgraduate Student,
e-mail: mariabychkova94@mail.ru

ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311:621.331 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_154

О. В. Пиндюк, К. В. Авдеева

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ТЯГОВОЙ РЕЛЬСОВОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОЙ ПОЕЗДНОЙ СИТУАЦИИ

Аннотация. Снижение потерь мощности является актуальной задачей в системе тягового электроснабжения железнодорожного транспорта. В статье приводится методика определения потерь мощности в тяговой рельсовой сети постоянного тока с учетом реальной поездной ситуации. В качестве входных данных используются: координаты расположения тяговых подстанций на участке железной дороги, токи электровозов, параметры тяговой рельсовой сети, длина участка. Входные данные могут быть получены из анализа исследуемого участка и тяговых расчетов. Участок железной дороги представляется в виде эквивалентной схемы, где тяговая рельсовая сеть заменяется протяженным проводником, а тяговые подстанции и электровозы – известными сосредоточенными токовыми нагрузками. Далее производится расчет электрических величин в тяговой рельсовой сети. Затем рассчитываются общие потери мощности в обратной тяговой сети вблизи тяговых подстанций при рассматриваемых поездных ситуациях. Также рассмотрен пример применения предложенной методики с использованием реальных значений токов электровозов и тяговых подстанций на участке Западно-Сибирской железной дороги. Расчет показал, что при изменении поездной ситуации значительно изменяются значения потерь мощности в тяговой рельсовой сети. Предложенная методика позволяет определять потери мощности в тяговой рельсовой сети с учетом реальной поездной ситуации, что в свою очередь может быть использовано для оценки потерь мощности и разработки мероприятий по их снижению.

Ключевые слова: потери мощности, тяговая рельсовая сеть, электрические величины, потенциал, ток, поездная ситуация.

Для цитирования: Пиндюк, О. В. Методика определения потерь мощности в тяговой рельсовой сети с учетом реальной поездной ситуации / О. В. Пиндюк, К. В. Авдеева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 154–164. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_154.

O. V. Pindiuk, K. V. Avdeeva

METHODOLOGY FOR DETERMINING LOSSES IN A TRACTION RAIL NETWORK USING THE REAL TRAINING SITUATION

Abstract. Reducing power losses is an urgent task in the traction power supply system of the railway transport. The paper provides a method for determining power losses in a DC traction rail network using the real train situation. The following are used as input data: coordinates of the traction substations location on the railway section, electric locomotive currents, parameters of the traction rail network, section length. Input data can be obtained from the analysis of the investigated area and traction calculations. The section of the railway is presented in the form of an equivalent circuit, where the traction rail network is replaced by an extended conductor, and the traction substations and electric locomotives are replaced by known concentrated current loads. Next, the calculation of electrical quantities in the traction rail network is carried out. Then, the total power losses in the reverse traction network near the traction substations are calculated for the train situations under consideration. An example of the application of the proposed methodology using real values of the currents of electric locomotives and traction substations on the section of the West Siberian Railway is also considered. The calculation showed that when the train situation changes, the values of power losses in the traction rail network change significantly. The proposed methodology makes it possible to determine the power losses in the traction rail network, taking into account the real train situation, which in turn can be used to assess power losses and develop measures to reduce them.

Keywords: Power losses, traction rail network, electrical quantities, potential, current, train situation.

For citation: Pindiuk, O. V. Methodology for determining losses in a traction rail network using the real training situation / O. V. Pindiuk, K. V. Avdeeva // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 154–164. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_154.

Сведения об авторах**Пиндюк Ольга Владимировна**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Электроснабжение железных дорог»
аспирант,
e-mail: hffjjfn@gmail.com

Авдеева Ксения Васильевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Телекоммуникационные, радиотехнические системы и сети»,
кандидат технических наук, доцент
e-mail: avdeeva_kv@mail.ru

Information about the authors**Pindiuk Olga Vladimirovna**

Omsk State Transport University (OSTU),
Chair «Power Supply of Railways»,
Postgraduate Student,
e-mail: hffjjfn@gmail.com

Avdeeva Ksenia Vasilyevna

Omsk State Transport University (OSTU).
Chair «Telecommunication, Radio Engineering Systems and Networks»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
e-mail: avdeeva_kv@mail.ru

УДК 621.5 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_165

*Т. Л. Риполь-Сарагоси, О. В. Савельев***ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХОЛОДА**

Аннотация. Материал статьи посвящен исследованию возможности снижения затрат энергии при производстве холода в холодильных установках на CO₂. Рассматриваются годовые затраты энергии при производстве холода каскадной холодильной машины на CO₂, бустерной холодильной машины на CO₂, бустерной холодильной машины на CO₂ с компрессорами параллельного сжатия и бустерной холодильной машины на CO₂ с внешним охлаждением. Анализ работы представленных схем визуализируется с помощью диаграмм в координатах Log (p) – h и гистограмм, на основании которых делается вывод об энергоэффективности представленных схем.

Ключевые слова: энергия, энергоэффективность, схема холодопроизводства, диаграмма, озонобезопасность, бустерная схема, каскадная схема, компрессора, внешнее охлаждение.

Для цитирования: Риполь-Сарагоси, Т.Л. Исследование возможности снижения затрат энергии при производстве холода / Т. Л. Риполь-Сарагоси, О. В. Савельев // Вестник Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 165 – 175. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_165.

*T. L. Ripol-Saragossi, O. V. Saveliev***RESEARCH POSSIBILITY TO REDUCE ENERGY COSTS WHEN PRODUCING COLD**

Abstract. The paper material is devoted to the study of the reducing energy consumption possibility in the cold production in refrigeration units on CO₂. The annual energy consumption for the cold production cascade CO₂ refrigeration machine, CO₂ booster refrigeration machine, CO₂ booster refrigeration machine with parallel compression compressors and CO₂ booster refrigeration machine with external cooling are considered. The operation analysis of the presented circuits is visualized using diagrams in the coordinates Log (p) - h and histograms, on its basis a conclusion is made about the energy efficiency of the presented circuits.

Keywords: energy, energy efficiency, refrigeration scheme, diagram, ozone safety, booster circuit, cascade circuit, compressor, external cooling.

For citation: Ripol-Saragossi, T. L. Research possibility reduce energy costs when producing cold / T. L. Ripol-Saragossi, O. V. Saveliev // Vestnik Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 165–175. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_165.

Сведения об авторах**Риполь-Сарагоси Татьяна Леонидовна**

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

Савельев Олег Вячеславович

ОАО «Ингениум»,
ведущий инженер,
e-mail: olejka01@yandex.ru

Information about the authors**Ripoll-Saragosi Tatiana Leonidovna**

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

Saveliev Oleg Vyacheslavovich

JSC Ingenium,
Leading Engineer,
e-mail: olejka01@yandex.ru

УДК 656.22 + 06

DOI 10.46973/0201727X_2021_4_176

*V. A. Osipov, P. A. Logunova***ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЕЗДНОЙ СИТУАЦИИ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СОБРАННЫХ ДАННЫХ**

Аннотация. Предложен способ определения потерь энергии в тяговой сети постоянного тока. В основу принципа измерения положен метод построения ряда расчетных мгновенных схем анализируемого участка. Предложенное решение позволяет по ограниченному набору данных получить необходимые сведения для построения мгновенной схемы. Показана возможность применения предложенного метода при различных схемах питания участка электрифицированной железной дороги постоянного тока.

Ключевые слова: потери энергии, тяговая сеть, электрические железные дороги постоянного тока, определение координаты электроподвижного состава, системы питания.

Для цитирования: Осипов, В. А. Повышение точности метода восстановления поездной ситуации путем внедрения аналитических методов обработки собранных данных / В. А. Осипов, П. А. Логунова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 176–182. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_176.

*V. A. Osipov, P. A. Logunova***INCREASING THE ACCURACY OF THE TRAINING SITUATION RECOVERY METHOD BY IMPLEMENTING ANALYTICAL METHODS FOR PROCESSING THE COLLECTED DATA**

Abstract. A method for determining energy losses in a direct current traction network is proposed. The measurement principle is based on the method of constructing a number of calculated instantaneous schemes of the analyzed area. The proposed solution allows for a limited set of data to obtain the necessary information to build an instantaneous scheme. The possibility of using the proposed method for various power supply schemes for a section of a DC electrified railway is shown.

Keywords: energy losses, traction network, direct current electric railways, determination of the coordinates of electric rolling stock, power supply systems.

For citation: Osipov, V. A. Increasing the accuracy of the training situation recovery method by implementing analytical methods for processing the collected data / V. A. Osipov,

P. A. Logunova// Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya.
– 2021. – № 4. – P. 176–182 – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_176.

Сведения об авторах

Осипов Владимир Александрович

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

Логунова Полина Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретические основы электротехники»,
старший преподаватель,
E-mail: polina_buteneva@mail.ru

Information about the authors

Osipov Vladimir Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Basis of Electrical Engineering»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
E-mail: dw_@rambler.ru

Logunova Polina Alexandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Basis of Electrical Engineering»
Senior Teacher,
E-mail: polina_buteneva@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

УДК 517: 53 + 06

DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_183

В. М. Курейчик, А. М. Штучный, О. Б. Спиридонов

ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВЫЙ МЕТОД РАЗБИЕНИЯ ГРАФОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ САПР КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

Аннотация. Рассмотрены вопросы разбиения графа, а также вопросы применения метаэвристических алгоритмов оптимизации. Освещены проблемы САПР кибер-физических систем. Предложен новый четырехуровневый метод разбиения графа с использованием алгоритма паукообразных обезьян. Он апробирован на тестовых задачах и задаче разбиения графа кибер-физической системы. Данный метод показал преимущество по сравнению с существующими методами. Актуальность предложенного исследования заключается в повышении качества результатов методов разбиения графа. Новизна исследования заключается в применении метода разбиения графа, основанного на многоуровневом подходе. Исследование характеризуется введением четвертого уровня многоуровневого подхода – верификации графовой модели на основе изоморфизма графов.

Ключевые слова: разбиение графа, алгоритм оптимизации, метаэвристический алгоритм, кибер-физические системы.

Для цитирования: Курейчик, В. М. Четырехуровневый метод разбиения графов для решения задачи САПР кибер-физических систем / В. М. Курейчик, А. М. Штучный, О. Б. Спиридонов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 183–188. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_183.

V. M. Kureichik, A. M. Shtuchny, O. B. Spiridonov

FOUR-LEVEL GRAPH PARTITIONING METHOD FOR SOLVING THE CAD CYBER-PHYSICAL SYSTEMS PROBLEM

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-21-00316, <https://rscf.ru/project/22-21-00316/>

Abstract. It is considered the questions about graph partitioning and the application of the metaheuristic optimization algorithms. The CAD problems of the cyber-physical systems are highlighted. A new four-level graph splitting method using the arachnid algorithm is proposed. It has been tested on test problems and the problem of partitioning the graph of a cyber-physical system. This method has shown an advantage over existing methods. The relevance of the proposed research bases on improvement the quality of the graph partitioning methods results. The novelty of the research proposes the application of the graph partitioning method based on the multilevel approach. The study is characterized by the introduction of the fourth level of a multilevel approach as verification of a graph model based on graph isomorphism.

Keywords: graph splitting, optimization algorithm, metaheuristic, cyber-physical systems.

For citation: Kureichik, V. M. Four-level graph partitioning method for solving the CAD cyber-physical systems problem / V. M. Kureichik, A. M. Shtuchny, O. B. Spiridonov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 4. – P. 183–188. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_183.

Сведения об авторах

Курейчик Виктор Михайлович

Южный федеральный университет (ЮФУ), Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, кафедра «Системы автоматизации проектирования» ЮФУ, доктор технических наук, профессор, e-mail: vmkureychik@sfedu.ru

Штучный Антон Михайлович

НКБ «Моделирующих и управляющих систем» ЮФУ, начальник сектора, e-mail: shtuchnyy@sfedu.ru

Спиридонов Олег Борисович

НКБ «Моделирующих и управляющих систем», кандидат технических наук, директор, e-mail: oleg.spiridonov@mail.ru

Information about the authors

Kureichik Viktor Mikhailovich

Southern Federal University (SFedU), Institute of Computer Technologies and Information Security, Department «Design Automation Systems», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: vmkureychik@sfedu.ru

Shtuchny Anton Mikhailovich

NKB «Modeling and Control Systems» SFedU, Head of Sector, e-mail: shtuchnyy@sfedu.ru

Spiridonov Oleg Borisovich

NKB «Modeling and Control Systems» SFedU, Candidate of Engineering Sciences, Head of NKB, e-mail: oleg.spiridonov@mail.ru

УДК 621.1 + 06

DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_189

А. В. Муравьев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛАХ С ТУРБУЛИЗАТОРАМИ

Аннотация. Рассмотрены математическое моделирование в каналах теплообменных трубок и влияние турбулизатора на интенсификацию тепломассопереноса. Установлено, что применение таких видов трубок улучшает теплопередачу между средами, уменьшает термическое сопротивление за счет вымывания отложений с поверхности трубок, это позволяет увеличить КПД теплообменного аппарата и улучшить ресурсоэнергосбережение.

Ключевые слова: турбулизатор, кольцевые канавки, интенсификация, теплопередача, теплообмен, теплообменные аппараты, поверхность теплообмена.

Для цитирования:

Муравьев, А. В. Моделирование гидродинамики и теплообмена в каналах с турбулизаторами / А. В. Муравьев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 189–195. – DOI 10.46973/0201–727X_2021_4_189.

A. V. Muravyov

MODELING OF HYDRODYNAMICS AND HEAT EXCHANGE IN TUBES WITH TURBULATORS

Abstract. The paper considers the mathematical modeling in tubes of the heat exchange and the effect of the turbulator on the intensification of a heat and mass transfer. It was established that the use of such tubes types improves heat transfer between media, reduces thermal resistance due to the leaching of deposits from the tubes` surface. It gives increasing the efficiency of the heat exchange apparatus and improving resource and energy conservation.

Keywords: turbulator, annular grooves, intensification, heat transfer, heat exchange, heat exchangers, heat exchange surface.

For citation: Muravyov, A. V. Modeling of hydrodynamics and heat exchange in tubes with turbulators / A. V. Muravyov// Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – № 4. – P. 189–195. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_189.

Сведения об авторах

Муравьев Анатолий Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС),
кафедра «Теплоэнергетика на железнодорожном транспорте»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: nix2001@yandex.ru

Information about the authors

Muravyov Anatoly Viktorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Heat Power Engineering on Railway Transport»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
e-mail: nix2001@yandex.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 – 5–10 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 , const , \sin , \cos , \min , \max и т.д. набирают прямым шрифтом. Аббревиатуры следует расшифровывать при их первом упоминании в тексте.

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

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

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

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

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

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

8 Список литературы приводят общим списком в конце статьи и составляют в соответствии с последовательностью ссылок в тексте, которые обозначают арабскими цифрами в квадратных скобках. Литературу оформляют только согласно ГОСТ Р 7.0.100-2018. При наличии у статьи цифрового идентификатора объекта (DOI) его указание обязательно.

Статья должна быть обязательно подписана всеми авторами.

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

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

Условия и порядок публикации статей в журнале

1 Статья должна быть оформлена по прилагаемым требованиям.

2 Автор имеет право опубликовать в номере одну статью.

3 Автор может прислать статью в адрес редакции:

- по почте;
- по электронной почте;
- принести в редакцию и передать ответственному секретарю (гл. корпус, ком. Д 107).

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

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

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

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

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

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

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

Краткая информация о журнале

Научно-технический журнал «Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения» («Вестник РГУПС») зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных техно-

логий 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-rg.ru под индексом 53720).

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

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

Почтовый адрес редакции:

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

Ростовский государственный университет путей сообщения.

Редакция журнала «Вестник РГУПС».

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

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

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

Научное издание

**ВЕСТНИК
Ростовского государственного университета
путей сообщения**

Научно-технический журнал

**№ 4 (84)
2021**

Уважаемые читатели!
Вы можете подписаться на наш журнал на сайте www.pressa-rgf.ru.
Индекс журнала по каталогу 53720

**Полнотекстовая версия статей находится в открытом доступе на сайте
Российской научной электронной библиотеки: www.elibrary.ru
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 27.12.2021.

Дата выхода в свет 30.12.2021.

Печать офсетная.

Знак информационной продукции 16+.

Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 23,02.

Тираж 510 экз.

Цена свободная.

Бумага офсетная.

Изд. № 95.

Заказ 108.

Учредитель:

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

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

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

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

Адрес типографии

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

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

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