

## КОНФИГУРАЦИЯ ЗАЩИТНОЙ ПЛЕНКИ ПРИ КОНВЕКТИВНО-ПЛЕНОЧНОМ ОХЛАЖДЕНИИ ПЛАСТИНЫ

А.А. Ахунов, Ю.Ф. Гортышов, А.Л. Тукмаков, Н.А. Тукмакова

Приведены результаты численных расчетов конвективно- пленочного охлаждения пластины. Применяется нестационарная гибридная 2-D RANS математическая модель вязкого сжимаемого теплопроводного газа со скоростными и тепловыми пристеночными функциями для решения сопряженной газодинамической и тепловой задачи. Выполнены расчеты тепловых и скоростных полей газа, температурного поля пластины, описаны параметры охлаждающей пленки, создаваемой струей низкотемпературного газа, протекающего через наклонный канал и создающего конвективно- пленочную защиту поверхности пластины со стороны высокотемпературного потока.

**Ключевые слова:** уравнения Навье – Стокса, схема Мак-Кормака, многосвязные области, пристеночные функции, конвективно-пленочное охлаждение.

## PROTECTIVE FILM CONFIGURATION DURING CONVECTIVE FILM COOLING OF THE PLATE

A.A. Akhunov, Yu.F. Gortyshov, A.L. Tukmakov, and N.A. Tukmakova

The results of numerical calculations of convection-film cooling of the plate are given. A non-stationary hybrid 2-D RANS mathematical model of a viscous compressible thermally conductive gas with velocity and thermal wall functions is used to solve the associated gas-dynamic and thermal problem. Calculations of thermal and velocity fields of gas, temperature field of plate are performed, parameters of cooling film created by jet of low-temperature gas flowing through inclined channel and creating convection-film protection of plate surface from the side of high-temperature flow are described.

**Keywords:** Navier-Stokes equations, McCormack scheme, multi-connected regions, wall functions, convective film cooling/

## **ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ПЛЕНОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

**А.В. Ильинков, В.В. Такмовцев, А.В. Щукин, И.А. Попов,  
А.А. Киселев**

Анализируются особенности влияния выпуклой и вогнутой охлаждаемой поверхности на эффективность ее пленочного охлаждения в условиях ускорения основного потока. Рассмотрены варианты использования веерных отверстий в сравнении с цилиндрическими аналогами в условиях пульсирующего вдува. Обсуждаются особенности организации пленочного охлаждения на торцевых стенках соплового аппарата турбины.

**Ключевые слова:** пленочное охлаждение, веерные отверстия; пульсации охлаждающего воздуха, кривизна обтекаемой поверхности, ускорение потока, торцевая стенка, сопловой аппарат ГТД.

## **THE INFLUENCE OF DIFFERENT FORCING FACTORS ON THE EFFICIENCY OF FILM COOLING SYSTEMS**

**A.V. Il'inkov, V.V. Takmovtsev, A.V. Shchukin, I.A. Popov, and  
A.A. Kiselev**

The effect of convex and concave cooling surface on film cooling efficiency of this surface is analyzed in accelerated main flow. Application variants of fan-shaped holes are compared with their cylindrical counterparts for the case of pulsed blowing. Film cooling implemented on the end walls of the nozzle guide blades is discussed.

**Keywords:** film cooling, fan holes; cooling air pulsations, streamline curvature, flow acceleration, end wall, GTE nozzle guide blades.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАСЕЛ

**А.К. Субаева, М.М. Замальдинов, И.Р. Салахутдинов, С.В. Стрельцов,  
А.А. Глущенко**

В данной работе исследуются проблемы рационального использования моторных масел. Рекомендуемая периодичность замены моторного масла, измеряемая в километрах пробега или мото-ч работы, соответствует усредненным условиям эксплуатации автотранспортной техники. В реальных условиях эксплуатация автотракторной техники может сопровождаться более тяжелыми нагрузками, длительной работой на холостом ходу, работой в сильно запыленной местности. Это приводит к ускорению процесса старения моторных масел и снижению его эксплуатационных свойств. Учитывая возраст автотракторной техники и сложные условия эксплуатации, становится необходима его обоснованная замена.

**Ключевые слова:** моторное масло, кинематическую вязкость, щелочное число, загрязненность, температуру вспышки, кислотное число, диэлектрическая проницаемость.

## MODERN METHODS OF OIL QUALITY CONTROL

**A.K. Subaeva, M.M. Zamaldinov, I.R. Salakhutdinov, S.V. Streltsov, and  
A.A. Glushchenko**

This paper examines the problems of rational use of motor oils. The recommended frequency of engine oil change, measured in kilometers of mileage or hours of operation, corresponds to the average operating conditions of motor vehicles. In real conditions, the operation of automotive equipment may be accompanied by heavier loads, prolonged idling, and work in heavily dusty areas. This leads to an acceleration of the aging process of engine oils and a decrease in its performance properties. Given the age of automotive equipment and difficult operating conditions, it becomes necessary to reasonably replace it.

**Keywords:** engine oil, kinematic viscosity, alkaline number, contamination, flash point, acid number, dielectric constant.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ В ЦИЛИНДРЕ ДВС НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**В.В. Румянцев, В.А. Луцко**

Приводятся результаты моделирования теплоотдачи во внутрицилиндровой части поршневого комбинированного дизеля с применением коммерческого пакета AVL BOOST на стадии проектирования. Результаты расчета сравнивались с результатами стендовых испытаний дизеля Р6СН 13,2/15,8. Рекомендованы уравнения подобия теплоотдачи для расчета потери тепла в цилиндропоршневой части дизеля.

**Ключевые слова:** дизель, тепловой расчет, теплоотдача, головка цилиндра, поршень, гильза.

## **MODELING OF HEAT TRANSFER IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE CYLINDER AT THE DESIGN STAGE**

**V.V. Rumyantsev and V.A. Lushcheko**

The results of modeling heat transfer in the in-cylinder part of a reciprocating combined diesel engine using the AVL BOOST commercial package at the design stage are presented. The calculation results were compared with the results of bench tests of the P6CHN 13.2/15.8 diesel engine. The heat transfer similarity equations are recommended for calculating heat loss in the cylinder-piston part of a diesel engine.

**Keywords:** diesel engine, thermal calculation, heat transfer, cylinder head, piston, sleeve.

УДК 54.061

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗДЕЛИЙ  
АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Э.Р. Галимов, Н.В. Биктанова, А.Т. Губайдуллин, М.А. Клабуков**

В работе представлены результаты исследований химического состава заднего и переднего брызговики автомобилей разных марок с применением современных методов исследования, таких как: рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализы, дифференциально-термический, термогравиметрический анализ и дифференциально-сканирующая калориметрия.

**Ключевые слова:** рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, дифференциально-термический анализ, термогравиметрический анализ, дифференциально-сканирующая калориметрия, композиционные материалы, брызговики.

**MODERN RESEARCH METHODS OF POLYMER  
COMPOSITE MATERIALS IDENTIFICATION**

**E.R. Galimov, N.V. Biktanova, A.T. Gubaidullin, and M.A. Klabukov**

This research presents the results of the chemical composition of the rear and front mudguards of cars using modern research methods, such as: X-ray phase and X-ray fluorescence analyses, differential thermal, thermogravimetric analysis and differential scanning calorimetry.

**Keywords:** X-ray phase analysis, X-ray fluorescence analysis, differential thermal analysis, thermogravimetric analysis, differential scanning calorimetry, composite materials, mudguard.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

**Э.Р. Галимов, Э.Э. Шарафутдинова, Н.Я. Галимова, Т.В. Бурдикова**

Проведено исследование процессов структурообразования композиционных материалов на основе термопластичного поливинилхлорида, наполненного дисперсными наполнителями органической природы в виде лигнинсодержащих соединений с использованием сканирующей зондовой микроскопии. Изучена морфология поверхностного слоя пленочных образцов, полученных термопластикацией методом вальцевания при оптимальных температурно-временных режимах. Определены особенности процессов структурообразования гетерофазной структуры композиционных материалов в зависимости от содержания дисперсных наполнителей.

**Ключевые слова:** поливинилхлорид, наполнение, лигнинсодержащие соединения, композиционные материалы, термопластикация, гетерофазная структура, морфология, структурообразование.

## **STUDY OF STRUCTURE FORMATION PROCESSES OF FILLED POLYVINYLCHLORIDE COMPOSITES**

**E.R. Galimov, E.E. Sharafutdinova, N.Ya. Galimova, and T.V. Burdikova**

The study of structure formation processes of composite materials based on thermoplastic polyvinyl chloride filled with dispersed fillers of organic nature in the form of lignin-containing compounds using scanning probe microscopy has been carried out. The morphology of the surface layer of film samples obtained by thermoplasticisation by rolling at optimum temperature and time regimes has been studied. The peculiarities of heterophase structure formation processes of composite materials depending on the content of dispersed fillers have been determined.

**Keywords:** polyvinyl chloride, filling, lignin-containing compounds, composite materials, thermoplasticity, heterophase structure, morphology, structure formation.

## **РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**И.Д. Галимьянов, И.Р. Мавлеев, А.П. Павленко, И.И. Салахов**

Аннотация. В статье рассматриваются методы проектирования несущих систем транспортных средств. Предложена методика оценки прочности и долговечности узлов несущих систем. В качестве примера представлен один из режимов расчета напряженно-деформированного состояния несущей системы, для которого были смоделированы лонжероны и поперечины рамы. В данной работе изложена расчетно-экспериментальная методика оценки усталостной долговечности несущих элементов транспортных средств.

**Ключевые слова:** долговечность, несущая система, испытание, нагрузочный режим, амплитуды напряжений, усталостные повреждения.

## **COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL METHOD FOR ESTIMATING THE RESOURCE OF VEHICLE LOAD-BEARING SYSTEMS**

**I.D. Galimyanov, I.R. Mavleev, A.P. Pavlenko, and I.I. Salakhov**

The article discusses the methods of designing load-bearing systems of vehicles. A method for assessing the strength and durability of components of load-bearing systems is proposed. As an example, one of the modes for calculating the stress-strain state of the bearing system is presented, for which the spars and crossbars of the frame were modeled. In this paper, a computational and experimental method for evaluating the fatigue life of the load-bearing elements of vehicles is presented.

**Keywords:** durability, load-bearing system, testing, load conditions, stress amplitudes, fatigue damage.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Е.А. Гущина**

Рассматриваются этапы проектирования базы данных композитных материалов, создание структуры, написание программного кода для создания таблиц.

**Ключевые слова:** база данных SQL, проектирование базы данных, структура базы данных, полимерные композитные материалы.

## **DESIGNING A DATABASE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS**

**E.A. Gushina**

Annotation: the stages of designing a database of composite materials, creating a structure, writing program code to create tables are considered.

**Keywords:** SQL database, database design, database structure, polymer composite materials.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**П.И. Жердев, К.Е. Карпухин**

Цель исследования – анализ опыта в области машиностроения по разработке преобразователей напряжения, улучшению их характеристик и изучению влияния переходных процессов на поведение электрифицированных транспортных средств (ЭТС). Выполнен анализ научных трудов по исследованию переходных процессов в преобразователях напряжения и степень разработанности темы. Предложена экспертно-аналитическая оценка подходов и оптимальных методов направленных на уменьшение затрат ресурсов тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) на преобразование энергии в ЭТС.

**Ключевые слова:** транспортное средство, электропривод, электрифицированное транспортное средство, энергоэффективность, силовые преобразователи, переходные процессы, исследование преобразователей напряжения.

## **STUDY OF TRANSIENT PROCESSES IN VOLTAGE CONVERTERS OF ELECTRIFIED VEHICLES**

**P.I. Zherdev and K.E. Karpukhin**

The purpose of the study is to analyze the experience in the field of mechanical engineering in developing voltage converters, improving their characteristics and studying the influence of transient processes on the behavior of electric vehicles. An analysis of scientific works on the study of transient processes in voltage converters and the degree of development of the topic was carried out. An expert-analytical assessment of approaches and optimal methods aimed at reducing the resource consumption of a traction battery for energy conversion into electric vehicles is proposed.

**Keywords:** vehicle, electric drive, electrified vehicle, energy efficiency, power converters, transient processes, research of voltage converters.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ**

**Т.А. Ильинкова, А.В. Ильинков**

Представлены результаты исследований по использованию технологии селективного лазерного спекания порошкового сплава Инконель 718 для изготовления геометрически сложной модели элемента турбинной лопатки. Исследована микроструктура и микротвердость модели. Представлена оценка размерной точности отверстий экспериментальных моделей. В заключении сделаны предложения по созданию комбинированной технологии изготовления лопаток ТВД.

**Ключевые слова:** модели мелкоканальных вверных отверстий, размерная точность; селективное лазерное спекание. микроструктура, микротвердость.

## **APPLICATION OF SELECTIVE LASER SINTERING TECHNOLOGY FOR MAKING COMPLEX-PROFILE HOLES IN COOLING SYSTEMS**

**T.A. Il'inkova and A.V. Il'inkov**

The results of research on the use of selective laser sintering technology of Inconel 718 powder alloy for the manufacture of a geometrically complex model of a turbine blade element are presented. The microstructure and microhardness of the model was studied. An assessment of the dimensional accuracy of holes of experimental models is presented. In conclusion, proposals are made for the creation of a combined technology for the manufacture of high-pressure turbine blades.

**Keywords:** models of small-channel fan holes, dimensional accuracy; selective laser sintering. microstructure, microhardness.

## **ВЛИЯНИЕ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ПОТОКОВ НА ПРОТИВОДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ВЫПУСКА И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КЛАССА 6 МАГИСТРАЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ**

**И.Х. Исафилов, А.Т. Галиакбаров, А.В. Болдырев, С.В. Болдырев,  
И.Ф. Гумеров, Л.И. Фардеев**

В рамках использования одномерной газодинамической математической модели программы AVL BOOST рассчитана зависимость массового расхода отработавших газов от перепада давлений в системе выпуска и нейтрализации на различных режимах работы дизельного двигателя экологического класса 6 магистрального автомобиля КамАЗ. Рассмотрен вариант распараллеливания потоков отработавших газов в катализаторе окисления и сажевом фильтре глушителя-нейтрализатора. В ходе численного моделирования течения газов на тех же режимах работы системы по перепаду давлений выявлено увеличение массовых расходов отработавших газов на 16,3...33 %, т. е. косвенно подтверждена возможность снижения противодействия.

**Ключевые слова:** численное моделирование; система выпуска и нейтрализации; распараллеливание потоков; противодействие; дизельный двигатель.

## **THE INFLUENCE OF FLOW PARALLELIZATION ON THE BACK PRESSURE IN THE EXHAUST GASES' EXHAUST AND NEUTRALIZATION SYSTEM OF THE ENGINE OF 6TH ENVIRONMENTAL CLASS IN THE KAMAZ LONG-HAUL VEHICLE**

**I.Kh. Israphilov, A.T. Galiakbarov, A.V. Boldyrev, S.V. Boldyrev,  
I.F. Gumerov, and L.I. Fardeev**

Using a one-dimensional gas-dynamic mathematical model of the AVL BOOST program, the dependence of the mass flow of exhaust gases on the pressure drop under various operating modes of the exhaust and neutralization system of a diesel engine of the 6th environmental class in the KAMAZ long-haul vehicle was calculated. A method for parallelizing exhaust gas flows in the oxidation catalyst and the particulate filter of the muffler-neutralizer is considered. During the numerical simulation of gas flow at the same pressure drops in the system, an increase in the mass flow rate of exhaust gases by 16.3...33% was detected, that is, the possibility of reducing back pressure was indirectly confirmed.

**Ключевые слова:** numerical simulation; exhaust and neutralization system; flow parallelization; back pressure; diesel engine.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОСНАСТКИ МЕТОДОМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**А.В. Каляшина, В.В. Морозов, Д.Е. Бетев, Ю.Н. Смирнов**

Данное исследование посвящено процессу изготовления оснастки методом аддитивных технологий. Захватное устройство является важным элементом промышленного робота и к нему предъявляются определенные требования. В данной работе был спроектирован двухкулачковый механический захват с эластичными схватывающими элементами и планетарный редуктор. Моделирование проводилось в среде AutoDesk Fusion 360. Изделие было изготовлено с помощью FDM принтера модели «Elegoo Neptune 3 Pro», который работает практически с любыми типами пластика. Для исследования были выбраны три типа пластика PLA, PETG, TPU. Из первого пластика были напечатаны основные механические части конструкции корпуса захватного устройства и редуктора. Захватная часть была изготовлена из пластиков PETG и TPU. В процессе изготовления возникали проблемы, которые были исследованы, найдено решение, результаты представлены в виде таблицы

**Ключевые слова:** моделирование, 3D-печать, аддитивные технологии.

## **RESEARCH OF THE MANUFACTURING PROCESS OF EQUIPMENT USING THE ADDITIVE TECHNOLOGY METHOD**

**A.V. Kalyashina, V.V. Morozov, D.E. Betev, and Yu.N. Smirnov**

This study is devoted to the process of manufacturing tooling using additive technologies. The gripping device is an important element of an industrial robot and certain requirements are imposed on it. In this work, a two-jaw mechanical gripper with elastic gripping elements and a planetary gearbox were designed. Modeling was carried out in the AutoDesk Fusion 360 environment. The product was manufactured using an FDM printer model “Elegoo Neptune 3 Pro”, which works with almost any type of plastic. Three types of plastic PLA, PETG, TPU were chosen for the study. The main mechanical parts of the gripper body and gearbox structure were printed from the first plastic. The gripping part was made of PETG and TPU plastics. During the manufacturing process, problems arose that were investigated, a solution was found, the results are presented in table form

**Keywords:** modeling, 3D printing, additive technologies.

## **ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИКИ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ**

**А. В. Косарев**

В статье рассмотрены особенности аэродинамики полета жесткокрылых насекомых, не находящие объяснения в рамках теории Жуковского - Кута. Предложено объяснение повышенной грузоподъемности и вертикального взлета и посадки жесткокрылых насекомых на основе закономерностей теплофизики.

**Ключевые слова:** аэродинамика, майский жук, распределение максвелла, температура, давление, надкрылки, вертолет.

## **FEATURES OF THE AERODYNAMICS OF COLEOPTERA INSECTS**

**A.V. Kosarev**

The article considers the features of the aerodynamics of the flight of coleoptera insects, which cannot be explained within the framework of the Zhukovsky - Kut theory. An explanation of the increased load capacity and vertical takeoff and landing of coleoptera insects based on the laws of thermophysics is proposed.

**Keywords:** aerodynamics, May bug, Maxwell distribution, temperature, pressure, slats, helicopter.

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ  
МАСЛЯНОГО КЛИНА ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ  
ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РОТОРА  
ПЕРСПЕКТИВНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ  
НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССОВ КИНЕТИКИ  
И ГИДРОДИНАМИКИ РОТОРА**

**В.В. Кулалаев, П.А. Свдин**

Расчет опорных подшипников скольжения усложняется в случае реализации турбулентного режима течения жидкой смазки внутри масляного зазора, что характерно для высокоскоростных роторов современных и перспективных авиационных газотурбинных двигателей. В работе предложен новый подход к расчету рабочих гидродинамических параметров подшипника скольжения, основанный на гипотезе, что на установившихся режимах работы силовой установки, обеспечивающих режим устойчивого жидкостного трения, гидродинамические процессы в масляном зазоре однозначно определяют кинетику ротора. На основании предложенного метода сформулированы расчетные зависимости подъемной силы масляного клина и других гидродинамических параметров системы.

**Ключевые слова:** опорный подшипник скольжения, расчет подъемной силы масляного клина, гидродинамика ротора, кинетика ротора, расчет подшипника скольжения.

**METHOD FOR CALCULATING  
THE LIFTING FORCE OF THE OIL WEDGE  
OF A SLIDING BEARING FOR A HIGH-SPEED ROTOR OF  
A PROMISING GAS TURBINE ENGINE BASED ON  
THE THEORIES OF ROTOR KINETICS  
AND HYDRODYNAMICS**

**V.V. Kulalayev and P.A. Svodin**

The calculation of journal bearings becomes more complicated in the case of a turbulent flow of liquid lubricant inside the oil gap, which is typical for high-speed rotors of modern and future aircraft gas turbine engines. The work proposes a new approach to calculating the operating hydrodynamic parameters of a sliding bearing, based on the hypothesis that in steady-state operating conditions of the power plant, providing a stable fluid friction regime, hydrodynamic processes in the oil gap uniquely determine the kinetics of the rotor. Based on the proposed method, the calculated dependences of the lifting force of the oil wedge and other hydrodynamic parameters of the system are formulated.

**Keywords:** journal support bearing, calculation of the lifting force of an oil wedge, rotor hydrodynamics, rotor kinetics, calculation of a sleeve bearing.

## **ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ПО ЗАКРЫТЫМ ТЕРРИТОРИЯМ**

**И.В. Лобачев, М.А. Рыженко, Г.А. Арутюнян, А.С. Муравьев,  
Д.М. Дубинкин**

Предлагается архитектура системы управления для беспилотного транспортного средства, предназначенного для эксплуатации на закрытых территориях. Описываемый подход предназначен для осуществления движения в описанных пространствах с учетом разметки, знаков, препятствий и границ дороги. Определен общий вид контуров управления продольным и боковым движением. Выявлен перечень информации, получаемый с датчиковой аппаратуры. Рассмотрены среды для обработки показаний датчиков и формирования управляющих воздействий. Обоснован выбор ROS2 для задач беспилотного движения по закрытым территориям.

**Ключевые слова:** обработка показаний датчиков, обнаружение препятствий, система управления продольным движением транспортного средства, система управления боковым движением транспортного средства.

## **SELECTION OF ARCHITECTURE OF AN UNMANNED VEHICLE CONTROL SYSTEM FOR DRIVING IN CLOSED TERRITORIES**

**I.V. Lobachev, M.A. Ryzhenko, G.A. Arutyunyan, A.S. Muravyov, and  
D.M. Dubinkin**

The paper proposes an architecture of the control system for an unmanned vehicle intended for operation in closed areas. The described approach is intended to carry out movement in the described spaces, markings, signs, obstacles and road boundaries taken into account. The general view of the longitudinal and lateral movement control loops has been determined. A list of information received from sensor equipment has been identified. Environments for processing sensor readings and generating control actions are considered. The choice of ROS2 for tasks of unmanned movement in closed areas is justified.

**Keywords:** processing of sensor readings, obstacle detection, vehicle longitudinal movement control system, vehicle lateral movement control system

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВ ГТД

**Т. Май, Б.Г. Мингазов**

Тема снижения углерода в промышленности является актуальной и связано с глобальной проблемой охраны окружающей среды. Известно, что при использовании различных топлив двигатели производят разное количество загрязнений. В данной работе рассматривается возможность применения новых видов топлив в газотурбинных двигателях (ГТД) с целью снижения вредных выбросов. Путем анализа результатов теоретических расчетов характеристик горения и экспериментальных данных путем их сравнения показано преимущества и недостатки применения различных видов топлива в ГТД.

**Ключевые слова:** программа CHEMKIN, водород, метан, метанол, керосин, ламинарная скорость пламени, адиабатическая температура сгорания.

## STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF VARIOUS GAS TURBINE ENGINE FUELS

**T. Mai and B.G. Mingazov**

The topic of carbon reduction in industry is relevant and is associated with the global problem of environmental protection. It is known that engines produce different amounts of pollution when using different fuels. This paper examines the possibility of using new types of fuels in gas turbine engines (GTE) in order to reduce harmful emissions. By analyzing the results of theoretical calculations of combustion characteristics and experimental data by comparing them, the advantages and disadvantages of using different types of fuel in GTEs are shown.

**Keywords:** CHEMKIN program, hydrogen, methane, methanol, kerosene, laminar flame speed, adiabatic combustion temperature.



## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОБУСОВ НА ГОРОДСКИХ МАРШРУТАХ РОССИИ**

**И.В. Макарова, М.М. Ганиев, Г.Р. Мавляутдинова, Л.М. Габсалихова**

Использование экологичных видов в секторе городского транспорта имеет значительный потенциал для сокращения вредных выбросов загрязняющих веществ. В последние годы наблюдается быстрый рост рынка электрических транспортных средств, зарядной инфраструктуры, аккумуляторов. Рассмотрена марочная структура парка электробусов в России, наибольшее количество которых сосредоточено в Москве. Установлено, что развитие зарядной и обслуживающей инфраструктуры является важным при оценке сдерживающих факторов и перспектив развития рынка электробусов в России.

**Ключевые слова:** электробус, общественный транспорт, экологичность.

## **PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ELECTRIC BUSES ON CITY ROUTES IN RUSSIA**

**I.V. Makarova, Ganiev M.M., G.R. Mavlyautdinova, and  
L.M. Gabsalikhova**

The use of sustainable modes in the urban transport sector has significant potential to reduce harmful pollutant emissions. In recent years, there has been rapid growth in the market for electric vehicles, charging infrastructure, and batteries. The brand structure of the electric bus fleet in Russia is considered, the largest number of which is concentrated in Moscow. It has been established that the development of charging and maintenance infrastructure is important when assessing the limiting factors and prospects for the development of the electric bus market in Russia.

**Keywords:** electric bus, public transport, environmental friendliness.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ТРАНСПОРТОМ**

**И.В. Макарова, Э.М. Мухаметдинов, А.С. Баринов, И.В. Халяпин**

В статье анализируется возможность использования всех технологических преимуществ коммунальной машины ВКМ-2020 при оборудовании ее системой автономного управления. Рассматривается несколько концептуально различных вариантов подходов к проектированию автономной системы управления. Первая заключается в оснащении техники максимальным количеством современного высокоточного оборудования. При этом для взаимодействия с окружающей средой объектами разных типов используются LiDAR-датчики, ИИ камеры, а также высокоточные модули навигации. Система анализирует ситуацию на основании информации с датчиков и, в соответствии с ситуацией, принимает решения. Второй вариант подразумевает работу в «идеальной» среде, в которой отсутствуют помехи. Суть заключается в создании виртуального «рельса» для движения техники. В этом случае управление осуществляется по заданному алгоритму, в соответствии с которым для техники предусмотрен строгий маршрут, отклоняться от которого она не должна. При таком варианте необходимо создать условия для корректной работы автономной системы: это касается инфраструктуры зоны использования техники, а также принятия мер по предотвращению воздействия на систему внешних факторов.

**Ключевые слова:** технологический транспорт, беспилотные автомобили, системы автономного управления транспортом.

## **IMPROVING THE CONCEPT OF AN AUTONOMOUS CONTROL SYSTEM FOR TECHNOLOGICAL TRANSPORT**

**I.V. Makarova, E.M. Mukhametdinov, A.S. Barinov, and I.V. Khalyapin**

The article analyzes the possibility of using all the technological advantages of the VKM-2020 municipal machine when equipping it with an autonomous control system. Several conceptually different options for approaches to designing an autonomous control system are considered. The first is to equip the equipment with the maximum amount of modern high-precision equipment. At the same time, LiDAR sensors, AI cameras, and high-precision navigation modules are used to interact with various types of surrounding objects. The system analyzes the situation based on information from sensors and makes decisions according to the situation. The second option involves operating in an “ideal” environment where there is no interference. The essence is to create a virtual “rail” for the movement of equipment. In this case, control is carried out according to a given algorithm, according to which a strict route is provided for the equipment, from which it should not deviate. With this option, it is necessary to create conditions for the correct operation of the autonomous system: this concerns the infrastructure of the area where the equipment is used, as well as taking measures to prevent the impact of external factors on the system.

**Keywords:** technological transport, unmanned vehicles, autonomous transport control systems.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
ФОРМИРОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА  
АВТОМОБИЛЕЙ**

**Д.Л. Панкратов, Л.А. Симонова, А.М. Валиев, Л.М. Низамова**

Представлена система, которая позволит осуществлять интеллектуальную поддержку по поиску имеющихся готовых решений, соответствующих заданным параметрам.

**Ключевые слова:** автоматизация, иерархическая структура, интеллектуальная поддержка, технологический процесс, горячая объемная штамповка, себестоимость, качество.

**AUTOMATED SYSTEM FOR THE FORMATION OF  
ALTERNATIVE TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR  
FORGING AND STAMPING PRODUCTION OF CARS**

**D.L. Pankratov, L.A. Simonova, A.M. Valiev, and L.M. Nizamova**

The paper presents a system that will allow for intellectual support in the search for available ready-made solutions corresponding to the specified parameters.

**Keywords:** automation, hierarchical structure, intellectual support, technological process, hot stamping, cost, quality.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**Д.Л. Панкратов, И.Ф. Юнусов., А.Н. Илюхин, Э.М. Мухаметдинов,  
Д.Д. Панкратов**

В статье рассмотрены вопросы по управлению доставкой производственных грузов беспилотными транспортными средствами с применением мультиагентных технологий. В статье проведен обзор и анализ существующих систем управления. По результатам анализа существующих разработок сформированы требования и структурная схема системы по управлению логистикой перевозок с использованием беспилотного транспорта в логистическом коридоре М-11 «Нева».

**Ключевые слова:** беспилотный транспорт, transport management system (TMS), мультиагентные технологии.

## **APPLICATION OF MULTI-AGENT TECHNOLOGIES TO CONTROL UNMANNED VEHICLES**

**D.L. Pankratov, I.F. Yunusov, A.N. Ilyukhin, E.M. Mukhametdinov, and  
D.D. Pankratov**

The article discusses issues related to managing the delivery of industrial cargo by unmanned vehicles using multi-agent technologies. The article provides a review and analysis of existing control systems. Based on the results of an analysis of existing developments, the requirements and structural diagram of a system for managing transportation logistics using unmanned vehicles in the M-11 Neva logistics corridor were formed.

**Keywords:** unmanned vehicles, transport management system (TMS), multi-agent technologies.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ ТЯГОВОЙ БАТАРЕИ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ОСТРОВКОВЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ НАНОСТРУКТУР**

**И.Е. Пименов, С.В. Сидорова**

В работе предложен способ формирования островкового покрытия методом магнетронного распыления из комбинированной мишени. Островковую тонкую пленку предлагается наносить на обкладки конденсатора для повышения емкости. Приведены варианты исполнения комбинированной мишени из диэлектрического материала с вставками из проводника. Представлены результаты моделирования и расчета емкости конденсатора с островковыми слоями на обкладках.

**Ключевые слова:** тяговый аккумулятор, тяговая батарея, высоковольтная система, привод автомобиля, вакуумные технологии, ионно-плазменные технологии, ионное травление, островковые пленки, конденсаторы.

## **INCREASING THE CAPACITANCE OF TRACTION BATTERY CAPACITORS BY INTRODUCING ISLAND THIN-FILM NANOSTRUCTURES**

**I.E. Pimenov and S.V. Sidorova**

The paper proposes a method of forming an island coating by magnetron sputtering from a combined target. The island thin film is proposed to be applied to the capacitor linings to increase capacitance. Design variants of the combined target made of dielectric material with conductor inserts are presented. The results of modeling and calculation of capacitance of a capacitor with island layers on the linings are presented.

**Keywords:** traction battery, traction battery, high-voltage system, car drive, vacuum technology, ion-plasma technology, ion etching, island films, capacitors.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ FDM ПЕЧАТИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АВТОКОМПОНЕНТОВ**

**Л.Н. Шафигуллин, А.Т. Габдрахманов, Н.В. Романова, И.А. Насыров,  
В.С. Салин, А.М. Сотников**

В статье представлена методика испытаний материалов для FDM печати, применяемых для изготовления автокомпонентов. Приведены результаты испытаний физико-механических свойств образцов из PLA, ABS, PA12, PETG, HIPS филаментов, изготовленных в разных направлениях печати. Получены выводы о значительном влиянии направления печати на физико-механические показатели. Даны рекомендации по применению методики в инженерной практике.

**Ключевые слова:** FDM-печать, филаменты, физико-механические свойства, автокомпоненты.

## **EVELOPMENT OF TESTING TECHNIQUES FOR FDM PRINTING MATERIALS USED FOR THE MANUFACTURE OF AUTO COMPONENTS**

**L.N. Shafigullin, A.T. Gabdrakhmanov, N.V. Romanova, I.A. Nasyrov,  
V.S. Salin, and A.M. Sotnikov**

The article presents a methodology for testing materials for FDM printing used for the manufacture of automotive components. The results of testing the physical and mechanical properties of samples made of PLA, ABS, PA12, PETG, HIPS filaments, manufactured in different printing directions, are presented. Conclusions were drawn about the significant influence of printing direction on physical and mechanical properties. Recommendations are given for the application of the methodology in engineering practice.

**Keywords:** FDM printing, filaments, physical and mechanical properties, auto components.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДАТЧИКА  
ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ  
ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ  
НЕВЫСТУПАЮЩИМ ПРИЕМНИКОМ НАБЕГАЮЩЕГО  
ВОЗДУШНОГО ПОТОКА**

**Е.С. Ефремова, В.В. Солдаткин, В.С. Солдаткин, В.А. Юшкова**

Рассматривается перспективность разработки датчика параметров окружающей воздушной среды с интегрированным невыступающим приемником набегающего воздушного потока, проводится исследование погрешностей его измерительных каналов. Получены аналитические модели инструментальных и методических погрешностей и определены направления обеспечения точности рассматриваемого датчика.

**Ключевые слова:** подвижный объект, окружающая среда, параметры, измерение, датчик, интегрированный невыступающий приемник, погрешности, аналитические модели, оценка, уменьшение.

**RESEARCH OF ERROR SENSOR SENSOR  
OF AMBIENT AIR ENVIRONMENT PARAMETERS  
OF MOVING OBJECTS WITH  
AN INTEGRATED NON-PROJECTING INCIDENT  
AIR FLOW RECEIVER**

**E.S. Efremova, V.V. Soldatkin, V.S. Soldatkin, and V.A. Yushkova**

The prospects of developing a sensor for environmental air parameters with an integrated non-protruding receiver of the oncoming air flow are considered, and the errors of its measuring channels are studied. Analytical models of instrumental and methodological errors are obtained and directions for ensuring the accuracy of the sensor under consideration are determined.

**Keywords:** moving object, environment, parameters, measurement, sensor, integrated non-protruding receiver, errors, analytical models, evaluation, reduction.

## **АЛГОРИТМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ ОДНОВИНТОВОГО ВЕРТОЛЕТА С НЕПОДВИЖНЫМ ПРИЕМНИКОМ ПОТОКА**

**Е.С. Ефремова, К.В. Солдаткина**

Раскрывается необходимость информации о воздушных сигналах движения вертолета относительно окружающей среды и затруднения ее получения, обусловленные помехами из-за пульсаций индуктивного потока от несущего винта и атмосферной турбулентностью. Раскрываются алгоритмы повышения помехоустойчивости измерительных каналов конкурентоспособной системы воздушных сигналов одновинтового вертолета с неподвижным приемником информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта. Приводятся модели информативных сигналов и помех, алгоритмы фильтрации помех и остаточных погрешностей системы на примере канала измерения истинной воздушной скорости.

**Ключевые слова:** одновинтовой вертолет, воздушные сигналы, измерение, случайные возмущения, модели, алгоритмы фильтрации, остаточные погрешности.

## **ALGORITHMS FOR IMPROVING THE NOISE IMMUNITY OF MEASURING CHANNELS OF THE AIR SIGNAL SYSTEM OF A SINGLE-ROTOR HELICOPTER WITH A FIXED FLOW RECEIVER**

**E.S. Efremova and K.V. Soldatkina**

The necessity of information about the helicopter's air movement signals relative to environment and difficulties of obtaining it due to interference due to pulsations of inductive flow from the main rotor and atmospheric turbulence are revealed. Algorithms for increasing the noise immunity of measuring channels of a competitive air signal system of a single-rotor helicopter with a fixed receiver of information of the aerodynamic field of the rotor vortex column are disclosed. Models of informative signals and interference, algorithms for filtering interference and residual errors of the system are presented using the example of the true airspeed measurement channel.

**Keywords:** single-rotor helicopter, air signals, measurement, random disturbances, models, filtration algorithms, residual errors.



## **О ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ НЕЛИНЕЙНЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ В СОСТАВЕ РАДИОФОТОННЫХ ТРАКТОВ**

**А.А. Кузнецов, К.А. Липатников, А.А. Силантьева,  
Н.Д. Смирнов**

В работе описаны особенности определения линейных динамических характеристик оптико-электронной компонентной базы в составе радиопотонных векторных анализаторов. На примере компьютерных моделей показано, что базовые методики, применяемые для радиотехнических трактов, не могут быть в полной мере адекватными из-за серьезного различия динамических характеристик модулирующего каскада и фотоприемника. В связи с этим предложены и исследованы подходы к формированию специальных по своей структуре зондирующих излучения для минимизации данного влияния.

**Ключевые слова:** коэффициент нелинейных искажений, динамический диапазон, SFDR, OIP3, радиопотоника, модулятор Маха – Цандера, фотодиод, радиопотонный векторный анализатор.

## **ON THE PROBLEM OF ESTIMATING THE NONLINEAR AND DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE OPTOELECTRONIC COMPONENT BASE AS PART OF MICROWAVE PHOTONIC LINKS**

**A.A. Kuznetsov, K.A. Lipatnikov, A.A. Silanteva, and N.D. Smirnov**

The paper describes the features of determining the linear dynamic characteristics of an optoelectronic component base as part of radiophoton vector analyzers. Using the example of computer models, it is shown that the basic techniques used for radio engineering paths cannot be fully adequate due to the serious difference in the dynamic characteristics of the modulating cascade and the photodetector. In this regard, approaches to the formation of special sounding radiation in their structure to minimize this effect are proposed and investigated.

**Keywords:** nonlinear distortion coefficient, dynamic range, SFDR, OIP3, radiophotonics, Mach–Zander modulator, photodiode, radiophoton vector analyzer.

**МОДЕЛИ И АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ  
КАНАЛОВ ИСТИННОЙ ВОЗДУШНОЙ СКОРОСТИ  
И УГЛА СКОЛЬЖЕНИЯ САМОЛЕТА  
СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ  
С ФЮЗЕЛЯЖНЫМ ПРИЕМНИКОМ НАБЕГАЮЩЕГО  
ВОЗДУШНОГО ПОТОКА**

**В.М. Солдаткин, В.В. Солдаткин, Р.В. Козловский, Г.В. Козловский**

Рассмотрены преимущества системы воздушных сигналов с фюзеляжным приемником набегающего потока. Раскрыта методика и получены аналитические модели инструментальных погрешностей измерительно-вычислительных каналов истинной воздушной скорости и угла скольжения самолета. Раскрыты причины и получены аналитические модели методических аэродинамических погрешностей каналов, рассмотрены направления их уменьшения.

**Ключевые слова:** самолет, система воздушных сигналов, истинная воздушная скорость, угол скольжения, измерение, инструментальные, методические, погрешности, аналитические модели.

**MODELS AND ERROR ANALYSIS OF TRUE  
AIRSPEED AND GLIDE ANGLE CHANNELS OF  
AIRCRAFT AIR SIGNAL SYSTEM WITH FUSELAGE  
RECEIVER OF INCOMING AIRFLOW**

**V.M. Soldatkin, V.V. Soldatkin, R. V. Kozlovskii, and G.V. Kozlovskii**

The advantages of the air signal system with fuselage receiver of the incoming flow are considered. The methodology is disclosed and analytical models of instrumental errors of measuring and computing channels of true airspeed and glide angle of the airplane are obtained. The reasons are disclosed and analytical models of methodical aerodynamic errors of channels are obtained, the directions of their reduction are considered.

**Keywords:** airplane, air signal system, true airspeed, glide angle, measurement, instrumental, methodical, errors, analytical models.