

УДК 533.6:533.6.011.5: 519.63

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕРХЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ С НЕРАВНОВЕСНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКЦИЯМИ

А.М. Молчанов, А.С. Мякочин, В.И. Паневин, С.Ю. Меснянкин

Разработан новый эффективный неявный полностью связанный численный метод для расчета термохимически неравновесных течений. Предлагаемый метод позволяет свести операции с блочными трехдиагональными матрицами к обращению матриц 5×5 и тривиальным операциям умножения матриц. Численный метод применен для расчета догорания струи и сверхзвукового горения водорода в канале.

Ключевые слова: сверхзвуковое течение, неравновесные химические реакции, жесткие системы уравнений.

NUMERICAL SIMULATION OF SUPERSONIC FLOWS WITH NONE-EQUILIBRIUM CHEMICAL REACTIONS

A.M. Molchanov, A.S. Myakochin, V.I. Panevin, and S.Yu. Mesnyankin

A new efficient implicit fully coupled numerical method for calculating thermochemical nonequilibrium flows is developed. The proposed method allows us to reduce operations with block tridiagonal matrices to inversion of 5×5 matrices and trivial operations of matrix multiplication. The numerical method was used to calculate the afterburning of the jet and for the supersonic combustion of hydrogen in the channel.

Keywords: supersonic flow, nonequilibrium chemical reactions, stiff systems of equations.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНЫХ ОРДИНАТ

А.В. Садыков

Приведены результаты анализа влияния различных приближений метода дискретных ординат на тепловые характеристики цилиндрической трубчатой печи. Внешний тепло-массообмен в радиантной камере печи моделируется двумерными дифференциальными уравнениями энергии, переноса излучения, движения, неразрывности, k - ϵ -модели турбулентности, двухшаговой модели горения метана.

Ключевые слова: теплообмен, излучение, трубчатая печь, радиантная камера, горение, топочные газы, температура.

MATHEMATICAL MODELING OF RADIATION HEAT TRANSFER IN A CYLINDRICAL FURNACE BY THE METHOD OF DISCRETE ORDINATES

A.V. Sadykov

The results of the analysis of the influence of various approximations of the discrete ordinate method on the thermal characteristics of a cylindrical tubular furnace are presented. External heat and mass exchange in the radiant chamber of the furnace is modeled by two-dimensional differential equations of energy, radiation transfer, motion, continuity, k - ϵ turbulence model, two-step model of methane combustion.

Keywords: heat transfer, radiation, tube furnace, radiation chamber, burning, top internal gases, temperature.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В АППАРАТАХ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

И.И. Хабибуллин, Д.Н. Шатунов, К.Т. Хайретдинова

Рассмотрены основные интенсификаторы теплообмена и конструкции аппаратов воздушного охлаждения российского производства. В ходе исследования создан экспериментальный образец аппарата воздушного охлаждения масла, проведены функциональные и ресурсные испытания, включающие наработку аппаратов воздушного охлаждения масла в автоматическом режиме более 6500 ч. Приведены сравнительные данные опытной конструкции аппарата воздушного охлаждения и конструкций аналогов российского производства.

Ключевые слова: интенсификация, аппарат воздушного охлаждения масла, оребренная труба, прототип, модульная конструкция.

INTENSIFICATION OF HEAT TRANSFER IN AIR COOLING APPARATUS

I.I. Khabibullin, D.N. Shatunov, and K.T. Khairtadinova

The main heat exchange intensifiers and designs of Russian-made air cooling devices are considered. In the course of the study, an experimental sample of an oil air cooling device was created, functional and resource tests were carried out, including the operating time of oil air cooling devices in automatic mode for more than 6500 hours. Comparative data of the experimental design of the air cooling apparatus and the designs of analogues of Russian production are presented.

Keywords: intensification, oil air cooler, finned tube, prototype, modular design.

СИНТЕЗ КАРБИДА КРЕМНИЯ В ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЕ

**Е.А. Эрлинггайте, Н.Г. Андреева, А.В. Ельчищева,
Р.Р. Шайхаттаров, И.Г. Галеев, Б.А. Тимеркаев**

Собрана экспериментальная установка, и изучен процесс образования карбида кремния в аргоновом дуговом разряде. Подобраны соответствующие условия, и проведены эксперименты по синтезу карбида кремния. На основе анализа на электронном микроскопе установлено, что полученные образцы являются наночастицами и микрочастицами карбида кремния с алмазоподобной структурой.

Ключевые слова: аргоновая дуга, карбид кремния, плазмохимический метод синтеза, алмазоподобные структуры, наночастицы карбида кремния, микрочастицы карбида кремния.

SYNTHESIS OF SILICON CARBIDE IN ELECTRIC ARC ARGON PLASMA

**E.A. Erlinggaite, N.G. Andreeva, A.V. Elchishcheva,
R.R. Shaikhattarov, I.G. Galeev, and B.A. Timerkaev**

An experimental setup was created and the process of formation of silicon carbide in an argon arc discharge was investigated. Appropriate conditions were selected and experiments on the synthesis of silicon carbide were carried out. Based on electron microscope analysis, it was established that the resulting samples were nanoparticles and microparticles of silicon carbide with a diamond-like structure.

Keywords: argon arc, silicon carbide, plasma-chemical synthesis method, diamond-like structures, silicon carbide nanoparticles, silicon carbide microparticles.

УДК 621.43: 669.017

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА ПАРОВОГО СОПЛА, РАЗРУШЕННОГО В ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.Х. Абдуллина, Ф.Н. Куртаева, Е.В. Данилов, Э.И. Нугуманова

Исследованы структурные состояния поврежденного в процессе эксплуатации парового сопла факельного оголовка аустенитной стали. Выявлена структура с браковочными признаками литой структуры в связи с непроведением требуемой термической обработки.

Ключевые слова: аустенитная сталь, растрескивание по границам крупных кристаллов, термические напряжения.

INVESTIGATION OF THE QUALITY OF THE METAL OF A STEAM NOZZLE DESTROYED IN OPERATION

V.Kh. Abdullina, F.N. Kurtaeva, E.V. Danilov, and E.I. Nugumanova

The structural conditions of the steam nozzle damaged in operation of the flare head of austenitic steel are investigated. The nature of damage to the cast structure in the areas of through holes and outside them has been revealed. A structure with rejection characteristics of a cast structure was identified due to the failure to carry out the required heat treatment.

Keywords: austenitic steel, cracking along the boundaries of large crystals, thermal stress

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

М.А. Клабуков

Проанализированы изломы разрушенного коленчатого вала наземного двигателя внутреннего сгорания, использованного в качестве двигателя сельскохозяйственного беспилотного летательного аппарата. Выполнен металлографический анализ высокопрочного чугуна неповрежденного коленчатого вала и разрушенного в процессе эксплуатации. Выявлены особенности состояния структуры в показателях металлической и графитовой составляющих. Установлены причины инцидента – усталостного разрушения, – связанные со структурными отличиями и дефектностью литого металла изученных коленчатых валов.

Ключевые слова: коленчатый вал, высокопрочный чугун, анализ излома и структуры металла.

METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF IDENTIFYING THE CAUSES OF DESTRUCTION OF THE UNMANNED AERIAL VEHICLE ENGINE CRANKSHAFT

M.A. Klabukov

The fractures of the destroyed crankshaft of a ground-based internal combustion engine used as an engine for an unmanned aerial vehicle are analyzed. A metallographic analysis of high-strength cast iron of an undamaged crankshaft and one destroyed in service was performed. Features of the state of the structure in terms of metal and graphite components have been revealed. The causes of the incident were identified – fatigue failure, associated with structural differences and defects in the cast metal of the studied crankshafts.

Keywords: crankshaft, ductile iron, fracture and metal structure analysis.

**О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА
И МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
НА АО «КАЗАНСКИЙ ВЕРТОЛЕТНЫЙ ЗАВОД»**

В.Ю. Мефодьев, М.Ф. Сафаргалиев, О.Е. Зилянева

Представлены средства совершенствования процессов организации производства на предприятии – сокращение брака и обновление производственного оборудования за счет методов структурирования функций качества в процессе изготовления деталей с целью повышения производительности станков ЧПУ. Предложено внедрение метода «анализ измерительных систем» в процедуры контроля геометрических размеров, механических и электрических характеристик профиля деталей.

Ключевые слова: производственный процесс, организация производства, бережливое производство, производственное оборудование.

**ON THE APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING
AND QUALITY MANAGEMENT METHODS IN THE ORGANIZATION
OF PRODUCTION PROCESSES AT KAZAN HELICOPTER PLANT JSC**

V.Yu. Mefod'ev, M.F. Safargaliev, and O.E. Zilyaneva

The article presents means of improving the processes of organizing production at an enterprise: reducing defects and updating production equipment through methods of structuring quality functions in the process of manufacturing parts in order to increase the productivity of CNC machines. It is proposed to introduce the method “analysis of measuring systems” into the procedures for monitoring the geometric dimensions, mechanical and electrical characteristics of parts, profiles of parts.

Keywords: production process, production organization, lean production, production equipment.

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА ЛИТОЙ ЗАДВИЖКИ ЗАВАРКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ

Ф.И. Муратаев, А.Р. Кузеев, Е.В. Данилов

Комплексными исследованиями (фрактографией, металлографией) определены механические и технологические свойства металла литого корпуса толстостенной задвижки, основные причины его растрескивания вдоль фланца с отверстиями. Установлено, что заварка литейных дефектов в условиях производства привела не к улучшению, а ухудшению служебных свойств металла корпуса. Выявлены виды очагов зарождения разрушения, обусловленные низким качеством литья и нарушением регламента ремонтной технологии заварки литейных дефектов.

Ключевые слова: литая задвижка стали 20Л с заваркой дефектов, нарушение технологии, разрушение, металлография.

METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF REPAIR OF CAST GALVE BY WELDING PRODUCTION DEFECTS

F.I. Murataev, A.R. Kuzeev, and E.V. Danilov

Comprehensive studies (fractography, metallography) determined the mechanical and technological properties of the metal cast body of a thick-walled valve, the main reasons for its cracking along the flange with holes. It was established that welding of casting defects under production conditions led not to an improvement, but to a deterioration in the service properties of the body metal. Types of sources of initiation of destruction caused by low casting quality and violation of the regulations for repair technology for welding casting defects have been identified.

Keywords: cast valve 20L steel with welding of defects, violation of technology, destruction, metallography.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРИЕНТАЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ

А.С. Степашкина, Е.А. Гущина

Проведен анализ влияния ориентации анизотропных частиц в композиционном материале на электропроводящие свойства материала. Получены результаты значений осевого соотношения частиц наполнителя, при которых вероятность образования перколяционного кластера значительно возрастает.

Ключевые слова: анизотропные частицы, перколяция, перколяционный кластер, осевое соотношение.

STUDY OF THE EFFECT OF ORIENTATION OF ANISOTROPIC CARBON FILLERS IN A POLYMER MATRIX ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVE PROPERTIES OF COMPOSITES

A.S. Stepashkina and E.A. Gushchina

The paper analyzes the influence of the orientation of anisotropic particles in a composite material on the electrically conductive properties of the material. The results of the values of the axial ratio of the filler particles are obtained, at which the probability of the formation of a percolation cluster increases significantly.

Keywords: anisotropic particles, percolation, percolation cluster, axial relation.

МНОГОФАКТОРНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

**В.Л. Федяев, Э.Р. Галимов, А.В. Беляев,
Л.В. Сироткина, М.А. Клабуков**

Рассматриваются вопросы оценки адгезионной прочности полимерных порошковых покрытий с учетом зависимости адгезионной прочности от совокупности внутренних, технологических и внешних (эксплуатационных) факторов. В каждой группе выделяются основные, характеризующие их параметры, осуществляется переход к безразмерным величинам, записывается в общем виде выражение для безразмерной адгезионной прочности как функции соответствующих безразмерных параметров. С использованием имеющихся в научно-технической литературе данных, физических закономерностей получены соотношения для оценки адгезии покрытий в зависимости от шероховатости поверхности подложки, температуры жидкого адгезива при формировании покрытия, дополнительного давления, а также толщины покрытия.

Ключевые слова: полимерные порошковые покрытия, адгезионная прочность, зависимость от внутренних, технологических, эксплуатационных факторов.

MULTIFACTOR PARAMETRIZATION OF ADHESIVE STRENGTH OF POLYMER POWDER COATINGS

**V.L. Fedyaev, E.R. Galimov, A.V. Belyaev, L.V. Sirotkina,
and M.A. Klabukov**

The issues of assessing the adhesive strength of polymer powder coatings are considered. The fact that adhesive strength depends on a combination of internal, technological and external (operational) factors is taken into account. In each group, the main parameters characterizing them are identified, a transition is made to dimensionless quantities, and an expression for dimensionless adhesive strength is written in general form as a function of the corresponding dimensionless parameters. Using the data and physical laws available in the scientific and technical literature, relationships were obtained to evaluate the adhesion of coatings depending on the roughness of the substrate surface, the temperature of the liquid adhesive during the formation of the coating, additional pressure, and the thickness of the coating.

Keywords: polymer powder coatings, adhesive strength, dependence on internal, technological, and operational factors.

УДК 621. 438: 004.032.26

ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.И. Мухамеджанов, И.И. Хабибуллин

Рассмотрены некоторые проблемы, возникающие при эксплуатации газотурбинных двигателей, методы мониторинга, диагностики работы газотурбинного двигателя при эксплуатации и методы прогнозирования работы на основе анализа данных, машинного и глубокого обучения. Приведен краткий обзор методов машинного обучения для прогнозирования технического состояния газотурбинных двигателей.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, безопасность эксплуатации, проблемы эксплуатации, машинное обучение, глубокое обучение, искусственные нейронные сети, прогнозирование технического состояния, диагностика, мониторинг.

OVERVIEW OF MACHINE LEARNING METHODS FOR PREDICTING THE TECHNICAL STATE OF GAS TURBINE ENGINES

A.I. Mukhamedzhanov and I.I. Khabibullin

This article discusses some of the problems that arise during the operation of gas turbine engines, methods of monitoring, diagnostics of the operation of a gas turbine engine during operation and methods of forecasting work based on data analysis, machine and deep learning. A brief overview of machine learning methods for predicting the technical state of gas turbine engines is given.

Keywords: gas turbine engine, operational safety, operational problems, machine learning, deep learning, artificial neural networks, prediction of technical state, diagnostics, monitoring.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ПО ОЦЕНКЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

М.И. Семенова

Рассмотрены результаты проведения исследования по определению токсичности полимерных компонентов поликристаллических панелей (этиленвинилацетат (EVA) и поливинилфторид (Tedlar®)) в целях разработки новых методических приемов по оценке токсичности методами биотестирования. В результате работы были выявлены значимые факторы, влияющие на изменение индекса токсичности полимерных материалов, а также получены модели, отражающие изменение токсичности в зависимости от температуры, времени экстрагирования и природы экстрагента. Определен вид зависимости и изменение характера поведения исследуемых материалов при попадании их в окружающую среду. Предложен методический прием, в основе которого лежит использование 1 %-го раствора ацетона в качестве экстрагента на этапе пробоподготовки, что способствует ускоренному извлечению потенциально опасных веществ для окружающей среды в анализируемый раствор.

Ключевые слова: поликристаллические солнечные панели, этиленвинилацетат, поливинилфторид, биотестирование, *Paramecium caudatum*, среда экстрагирования, температура экстракта, время выдержки экстракта.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL TECHNIQUES FOR ASSESSING THE TOXICITY OF POLYMER COMPONENTS OF SOLAR PANELS

M.I. Semenova

The article discusses the results of a study to determine the toxicity of polymer components of polycrystalline panels – ethylene vinyl acetate (EVA) and polyvinyl fluoride (Tedlar®), in order to develop new methodological techniques for assessing toxicity by biotesting methods. As a result of the work, significant factors affecting the change in the toxicity index of polymer materials were identified, and models reflecting the change in toxicity depending on temperature, extraction time and the nature of the extractant were obtained. The type of dependence and the change in the behavior of the studied materials when they enter the environment are determined. A methodical technique is proposed, which is based on the use of a 1% acetone solution as an extractant at the sample preparation stage, which contributes to the accelerated extraction of potentially hazardous substances for the environment into the analyzed solution.

Keywords: polycrystalline solar panels, ethylene vinyl acetate, polyvinyl fluoride, bioassay, *Paramecium caudatum*, extraction medium, extract temperature, extract holding time.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В.М. Солдаткин, Б.И. Мифтахов, А.В. Никитин, В.С. Солдаткин

Отмечаются особенности построения и ограничения по применению на малоразмерных летательных аппаратах традиционных для самолетов систем воздушных параметров, перспективы разработки ультразвуковой системы. Разработаны модели, приведен анализ инструментальных и методических погрешностей измерительных каналов систем.

Ключевые слова: летательный аппарат, движение, параметры, измерение, ультразвуковая система, особенности, методические и инструментальные погрешности, измерительные каналы, модели, разработка, анализ.

RESEARCH OF ERRORS IN THE ULTRASONIC SYSTEM OF AIR PARAMETERS OF AIRCRAFT MOTION

V.M. Soldatkin, B.I. Miftakhov, A.V. Nikitin, and V.S. Soldatkin

Features of the design and limitations on the use of air parameters systems traditional for aircraft on small aircraft are noted, as well as prospects for the development of an ultrasonic system. Models have been developed and an analysis of instrumental and methodological errors in the systems' measuring channels is given.

Keywords: aircraft, movement, parameters, measurement, ultrasonic system, features, methodological and instrumental errors, measuring channels, models, development, analysis.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ, ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ САМОЛЕТА С ФЮЗЕЛЯЖНЫМИ ПРИЕМНИКАМИ ПАРАМЕТРОВ НАБЕГАЮЩЕГО ПОТОКА

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

Рассматриваются недостатки традиционной для самолета системы воздушных сигналов с распределенными по правому и левому бортам фюзеляжа автономными приемниками и датчиками информации о параметрах набегающего воздушного потока, связанными с бортовым вычислителем. С целью устранения недостатков раскрывается возможность построения системы на основе фюзеляжных приемников первичной информации, ее преобразования и обработки во встроенном вычислителе, формирующем выходные сигналы системы по предложенным аналитическим моделям.

Ключевые слова: самолет, воздушные сигналы, система, набегающий поток, параметры, фюзеляжные приемники, преобразование, обработка, встроенный вычислитель, конкурентные преимущества.

PECULIARITIES OF CONSTRUCTION, SIGNAL FORMATION AND INFORMATION PROCESSING OF AIRCRAFT AIR DATA SYSTEM WITH FUSELAGE RECEIVERS OF PARAMETERS ONCOMING FLOW

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

The disadvantages of the traditional for aircraft air signals system with distributed on the right and left sides of the fuselage with autonomous receivers and sensors of information about the parameters of the incoming air flow, connected with the onboard calculator are considered. In order to eliminate them, the possibility of building the system on the basis of fuselage receivers of primary information, its transformation and processing in the built-in calculator, forming the output signals of the system according to the proposed analytical models are disclosed.

Keywords: aircraft, air data, system, oncoming flow, parameters, fuselage receivers, transformation, processing, built-in calculator, competitive advantages.

АНТЕННЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАМАТЕРИАЛА

Н.А. Тутьяров, Ю.Е. Седельников

Рассмотрен вопрос улучшения характеристик направленности бортовых антенн радиолокационных ответчиков установкой дополнительных элементов, не требующих электрического соединения с фидером и корпусом аппарата. С целью формирования требуемой диаграммы направленности слабонаправленной антенны беспилотного летательного аппарата предлагается использование дополнительных вставок, выполненных из материала с отрицательной магнитной проницаемостью.

Ключевые слова: диаграмма направленности, отрицательная диэлектрическая проницаемость, метаматериал, беспилотный летательный аппарат.

ANTENNAS OF UNMANNED AERIAL VEHICLE USING METAMATERIALS

N.A. Tut'yarov and Yu.E. Sedel'nikov

The issue of improving the directional characteristics of the onboard antennas of radar responders by installing additional elements that do not require an electrical connection with the feeder and the body of the device is considered. In order to form the required directional pattern of a weakly directional antenna of an unmanned aerial vehicle, it is proposed to use additional inserts made of a material with negative magnetic permeability.

Keywords: radiation pattern, negative permittivity, negative magnetic permeability, metamaterial, unmanned aerial vehicle.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОСКОЙ ВОЛНЫ НА ЛИНЕЙНО И НЕЛИНЕЙНО ЗАГРУЖЕННЫЕ ОДНОПРОВОДНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Е.Ю. Федоров, А.В. Ференец, Г.С. Хайруллина

Проводится измерение и анализ наведенного напряжения во временной характеристике в однопроводной линии под воздействием электромагнитного поля, представленной как плоская волна.

Ключевые слова: электрический проводник, электромагнитное поле, электромагнитная волна, моделирование, измерение.

MODELING AND MEASUREMENT THE INFLUENCE OF A PLANE WAVE ON LINEARLY AND NONLINEARLY LOADED SINGLE-WIRE POWER LINES

E.Yu. Fedorov, A.V. Ferenets, and G.S. Khairullina

The induced voltage is measured and analyzed in the time characteristic in a single-wire line under the influence of an electromagnetic field, represented as a plane wave.

Keywords: electrical conductor, electromagnetic field, electromagnetic wave, modeling, measurement.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ГЛУБИНЫ ДЕФЕКТОВ ТИПА «СКЛАДКА» В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Д.И. Чулков, А.В. Терехин, А.М. Думанский

Предложен способ определения глубины дефектов типа «складка» в сложнопрофильных изделиях из стеклопластика ультразвуковыми волнами с помощью разработанных и изготовленных оригинальных ультразвуковых пьезоэлектрических преобразователей с коническими волноводами. Проведена экспериментальная отработка предложенного способа определения глубины дефектов типа «складка» и сравнение результатов ультразвукового контроля с результатами рентгеновской компьютерной томографии.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, глубина дефектов, складки.

ULTRASONIC CONTROL OF THE DEPTH OF DEFECTS OF THE “FOLD” TYPE IN GRP PRODUCTS

D.I. Chulkov, A.V. Terekhin, and A.M. Dumanskii

A method is proposed for determining the depth of defects of the “fold” type in complex-shaped products made of fiberglass using ultrasonic waves using original ultrasonic piezoelectric transducers with conical waveguides designed and manufactured. Experimental testing of the proposed method for determining the depth of defects of the “fold” type and comparing the results of ultrasonic testing with the results of X-ray computed tomography was carried out.

Keywords: ultrasonic control, depth of defects, folds.