

**Содержание научно-практического журнала
«Интеллектуальные системы в производстве», том 15, № 4, 2017**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ
И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК 519.63, 621.646

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-4-11

Т. Райдер, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*T. Reader*, PhD Applicant, Kalashnikov ISTU)

В. А. Тенев, доктор физико-математических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. A. Tenenev*, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Kalashnikov ISTU)

М. Р. Королева, кандидат физико-математических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. R. Koroleva*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

О. В. Мищенкова, кандидат физико-математических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*O. V. Mischenkova*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

О. А. Воеводина, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*O. A. Voevodina*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Численное моделирование газодинамики предохранительного клапана (Numerical Modeling of the Gas Dynamics of the Safety Valve)

Рассматриваются газодинамические процессы в полости предохранительного клапана с определением силового воздействия газового потока на диск с учетом нестационарности и сжимаемости потока. Предохранительный клапан представляет собой механизм, автоматически открывающийся при повышении давления выше рабочего и закрывающийся при снижении давления до рабочего или несколько ниже него. Задачей расчета предохранительных клапанов является определение пропускной способности, подбор характеристик пружины к ним, динамических усилий, возникающих при срабатывании предохранительного клапана. Известные математические модели работы клапанов, описывающие движения диска под действием сил со стороны газа и пружины, основанные либо на применении эмпирических коэффициентов, либо на сложно реализуемом решении задачи о газодинамических процессах, осуществляемых в трехмерной постановке с использованием пакета ANSYS.

В данной статье обосновывается возможность численного моделирования основных газодинамических характеристик клапана на основе решения осесимметричных уравнений газовой динамики. Для численного решения системы газодинамических уравнений с осевой симметрией применяется метод контрольного объема. Параметры газа на границах контрольных объемов определяются по методу С. К. Годунова с использованием автомодельного решения задачи о распаде произвольного разрыва. В расчете применяется структурированная ортогональная разностная сетка, построенная комплексным методом граничных элементов и отображающая криволинейную расчетную область на прямоугольник. Записана математическая модель движения диска клапана с учетом нестационарного изменения давления в емкости, в которой регулируется давление.

Получены результаты численного моделирования нестационарного процесса открытия и закрытия клапана. Проведенное численное моделирование газодинамических процессов в предохранительном пружинном клапане прямого действия показало, что течение в области, расположенной выше по потоку от диска, имеет осевую симметрию. Звуковая линия, «запирающая» эту область от возмущений ниже по потоку, преобладающее время соприка-

сается с краем диска. Результаты эксперимента подтверждают динамику открытия клапана, рассчитанную по рассматриваемому методу.

Gas-dynamic processes in a cavity of the safety valve with determination of force impact of a gas flow on a disk, taking into account the instability and compressibility of a flow are considered. The safety valve represents the mechanism automatically opening in case of increase in pressure to the value higher than the operating one and closed in case of pressure decrease to the operating one or slightly below it. The task of calculation of safety valves is throughput determination, selection of characteristics of their spring, the dynamic efforts arising when actuating the safety valve. The known mathematical models of operation of valves describing movements of a disk under the influence of forces from gas and a spring are based either on application of empirical coefficients, or on difficult implementable decision of the task on the gas-dynamic processes which are realized in three-dimensional setting with use of a package of ANSYS.

In this paper the possibility of numerical modeling of the main gas-dynamic characteristics of the valve on the basis of the solution of the axisymmetric equations of gas dynamics is justified. The method of control volume is applied to the numerical solution of system of the gas-dynamic equations with an axial symmetry. Gas parameters on boundaries of control volumes are determined by S.K. Godunov's method with use of the self-similar decision of the task on decay of an arbitrary gap. In calculation the structured orthogonal difference grid constructed by a complex method of edge elements and displaying the curvilinear estimated area on a rectangle is applied. The mathematical model is written for movement of a disk of the valve taking into account the unstable change of pressure in capacity in which the pressure is regulated.

Results of numerical modeling of the non-stationary process of opening and closing of the valve are received. The carried-out numerical modeling of gas-dynamic processes in the safety spring valve of direct action showed that the current in the area located above along a flow from a disk has an axial symmetry. The sound line "locking" this area from perturbations is lower along a flow adjoins to the edge of a disk for the prevailing time period. Results of an experiment confirm dynamics of opening of the valve calculated by the considered method.

Ключевые слова: предохранительные устройства, газодинамические процессы, математическая модель, динамика, численные методы.

Keywords: Safety devices, gas dynamic processes, mathematical model, dynamics, numerical methods.

УДК 621.812

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-12-15

Ю. В. Турыгин, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (Yu. V. Turugin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

А. А. Якупов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. A. Yakupov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

Возникновение фреттинга в соединениях с натягом при нагружении изгибом с вращением (Occurrence of Fretting in Connection with Interference with Loading by Bending with the Rotation)

Рассмотрены причины возникновения фреттинга в условиях плотного контакта деталей на примере соединения с натягом. Большое количество такого рода соединений, используемых в машиностроении, испытывают переменные нагрузки. К таким типам нагрузок можно отнести пульсирующие и ударные, стремящиеся сдвинуть соединяемые детали относительно друг друга; скручивающие, которые возникают под действием крутильных колебаний, и способные вызвать окружное смещение сопряженных элементов. Рассмотрены условия появления и некоторые разновидности разрушений, появляющихся в контактирующих деталях в результате фреттинг-износа. Например, фреттинг, возникший в месте посадки наружного кольца подшипника в корпусную деталь. Причиной данного разрушения явились

микроремещения (относительные движения контактирующих деталей), возникшие во время работы узла. Такие разрушения неблагоприятно влияют на распределение нагрузки в подшипнике, продукты же износа будут служить как абразивные элементы, что также плохо отразится на работе детали.

Сделан обзор работ, в которых предпринимались попытки решить данный вопрос методом конечных элементов, например в программном комплексе ANSYS. В проанализированном примере при моделировании решалась задача для трех состояний: сцепления, скольжения и раскрытия стыка.

The paper considers the reasons for the occurrence of fretting in dense contact details, for example the pressure connection. A large number of such compounds used in mechanical engineering, are experiencing fluctuating loads. These types of loads include pulsating and shock ones tending to move the parts relative to each other; twisting loads which arise under the action of torsional vibrations and capable to cause circumferential offset of the mating elements. The conditions of appearance and some types of damage appearing in contacting details in the result of fretting wear are considered. For example, fretting occurred in the landing place of the outer ring of the bearing in a housing part. The reason for this destruction was the microscopic (relative motion of the contacting parts) that occurred during the operation of the node. Such destruction does not favorably influence the load distribution in the bearing, the products of wear will serve as the abrasive elements, which is also bad for operation of parts.

A review of works is carried out describing the attempts to solve this problem by the finite element method, for example using ANSYS software. In the analysed example while modeling the problem was solved for three states: the mesh, the slide and the opening of the joint.

Ключевые слова: фреттинг, фреттинг-коррозия, соединение с натягом, изгиб, вращение, метод конечных элементов (МКЭ).

Keywords: fretting, fretting corrosion, pressure connection, bending, rotation, finite element method (FEM).

УДК 621.778.2

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-16-20

О. И. Шаврин, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (O. I. Shavrin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

А. Н. Скворцов, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. N. Skvortsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

А. Н. Домбрачев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. N. Dombrachev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

Катушка для намотки проволоки (Coil for Wire Winding)

Катушка, конструкция которой рассмотрена в статье, относится к устройствам для автоматизации намотки проволоки и может быть использована в составе автоматических линий для ее производства. Одной из самых трудоемких и длительных операций при производстве проволоки является ее намотка на катушки. Традиционно такие устройства содержат опорную втулку с установленными по ее краям дисками, при этом к отличительным особенностям катушек конкретных фирм-производителей чаще всего относятся способы выполнения их конструктивных элементов, повышающих надежность катушек и скорость намотки на них проволоки. Вместе с тем проведенный патентно-информационный поиск показал, что эффективных решений, относящихся к автоматизации процесса намотки и позволяющих, в частности, постоянно контролировать массу бунта проволоки, намотанной на катушку, не достаточно. Техническая задача описываемого технического решения – расширение функциональных возможностей катушки для намотки проволоки и обеспечение возможности использования ее не только для смотки проволоки в бунт, но и как элемента обратной связи в системах автоматического управления. Задача решена тем,

что катушка содержит опорную втулку с установленными по ее краям дисками, внутри которой размещена ось на опорах, при этом в дисках выполнены продольные сквозные пазы на половину диаметра окружности упомянутых дисков, а на оси с одной стороны катушки закреплена первая линейка с установленными на ней светоизлучающими приборами, а с противоположной стороны катушки – вторая линейка с установленными на ней фотоэлементами. Положительный технический результат от применения предложенного технического решения состоит в возможности использования катушки в качестве следящего элемента в системе автоматического управления линией по изготовлению проволоки.

The coil, the construction of which is discussed in the paper, refers to devices for automating the winding of wires and can be used as part of automatic lines for its production. One of the most time-consuming and lengthy operations in the production of wire is its winding on the coils. Traditionally, such devices contain a support sleeve with disks mounted along its edges, while the specific features of the coils of specific manufacturing companies most often include the ways of performing their structural elements that increase the reliability of the coils and the winding speed of the wires on them. At the same time, the conducted patent-information search showed that effective solutions related to the automation of the winding process and allowing, in particular, to constantly monitor the mass of the bundle of the wire wound on the coil, is not enough. The technical problem of the described technical solution is an extension of the functionality of the coil for winding the wire and making it possible to use it not only to wire the wire into a bundle, but also as a feedback element in automatic control systems. The problem is solved by the fact that the coil comprises a support sleeve with discs mounted along its edges, inside which an axis is placed on the supports, while the disks have longitudinal through grooves half the diameter of their circumference, and on the axis from one side of the coil the first ruler with light-emitting devices is fixed, and from the opposite side of the coil the second ruler with photocells is mounted on it. A positive technical result from the application of the proposed technical solution implies the possibility of using a coil as a tracking element in the automatic control system for the wire production line.

Ключевые слова: катушка, намотка, проволока, автоматизация, микроконтроллер, фотоэлемент

Keywords: Coil, winding, wire, automation, microcontroller, photocell

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 623.593; 681.31; 004.021

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-21-28

С. Ф. Егоров, кандидат технических наук, доцент, Институт механики УрО РАН (*S. F. Egorov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Institute of Mechanics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)

А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. Yu. Vdovin*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. M. Markov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Т. Е. Шелковникова, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*T. E. Shelkovnikova*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

Исследование лазерных экранов электронных оптических мишеней (Research of Laser Screens of Electronic Optical Targets)

Приведены результаты исследований по разработке лазерных экранов электронных оптических мишеней для стрелкового оружия на кафедре «Вычислительная техника» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова и в Институте механики УрО РАН. Электронные оптические мишени, отличающиеся высокими точностными и помехоустойчивыми свойствами, но вместе с тем громоздкостью конструкции, высоким энергопотреблением и трудоемкостью настройки, широко используются для испытания и диагностики стрелкового и артиллерийского оружия на производствах и военных приемках, улучшение их эксплуатационных свойств является актуальной задачей. Исследованы варианты конструкции лазерных экранов с использованием зеркальных решеток и лазерных плоскостей. Сначала проведен выбор фотодиодов для оптических датчиков и режимы их работы исходя из соотношения сигнал/шум и длительности фронта сигнала. Далее исследованы параметры лазерной зеркальной решетки, выявлены такие недостатки, как существенное ослабление лазерного луча при многократном отражении, трудоемкость механической настройки решетки и наличие «мертвых зон» в призеркальных областях. Но ограничение размеров зоны регистрации позволяет все же использовать лазерные зеркальные решетки для частных случаев испытаний. Также исследована лазерная плоскость на базе лазерного уровня. Исходя из малого уровня полезного сигнала необходимо использовать целевые диафрагмы, оптическую систему и электронную схему усиления. Усложнение конструкции лазерной плоскости позволило получить лучшее соотношение сигнал/шум, но оптическая система и параметры лазерного уровня также ограничивают размеры зоны регистрации меньшими значениями, чем у лазерной зеркальной решетки. Приведены результаты экспериментальных испытаний лазерных экранов. Сделан вывод о перспективности дальнейших исследований и усовершенствований оптических мишеней с целью расширения их сфер использования и снижения себестоимости.

The paper presents the results of researches on development of laser screens of electronic optical targets for small arms at Computer facilities department of Kalashnikov ISTU and at Institute of Mechanics, Ural Branch of the RAS. The electronic optical targets featured by high precision and noiseproof properties, but at the same time bulkiness of a design, high energy consumption and labor input of control are widely used for test and diagnostics of small and artillery arms on productions and military acceptance and improvement of their operational properties are the relevant task. Options of a design of laser screens with use of mirror lattices and laser planes are investigated. At first the choice of photo diodes for optical sensors and the modes of their work proceeding from a ratio signal/noise and duration of the front of a signal is carried out. Further parameters of a laser mirror lattice are investigated; such shortcomings as essential weakening of a laser beam at repeated reflection, labor input of mechanical control of a lattice and existence of "dead zones" in the near mirror areas are revealed. But restriction of the sizes of the check-in area allows to use nevertheless laser mirror lattices for special cases of tests. The laser plane on the basis of the laser level is also investigated. Proceeding from the small level of a useful signal it is necessary to use slot-hole diaphragms, the optical system and the electronic scheme of strengthening. Complication of a design of the laser plane has allowed to receive the best ratio signal/noise, but the optical system and parameters of the laser level also limit the check-in area sizes to smaller values, than at a laser mirror lattice. Results of experimental tests of laser screens are given. The conclusion is drawn on prospects of further researches and improvements of optical targets for the purpose of expansion of their spheres of use and decrease in prime cost.

Ключевые слова: оптическая мишень, фотодиод, лазерная плоскость, лазерная зеркальная решетка, измерительная система.

Keywords: optical target, photo diode, laser plane, laser mirror lattice, system of equations.

А. Н. Копысов, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. N. Kopysov, PhD in Engineering, Associated Professor, Kalashnikov ISTU)

Р. А. Хатбуллин, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (R. A. Khatbullin, PhD in Engineering, Associated Professor, Kalashnikov ISTU)

В. В. Хворенков, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. V. Khvorenkov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Ф. М. Ермаков, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (F. M. Ermakov, Student, Kalashnikov ISTU)

К. А. Зырянов, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (K. A. Zyryanov, Student, Kalashnikov ISTU)

Тестирование цифровых микросхем и программирование стендового оборудования «Formula 2k» для измерения параметров (Testing of Digital Microcircuits and Programming of Bench Equipment "Formula 2k" for Measuring Parameters)

В данной статье рассматривается один из способов тестирования цифровых микросхем, а именно, тестирование с помощью стендового оборудования Formula 2k. Тестирование позволяет повысить качество выпускаемой продукции благодаря отбраковке некачественных элементов, в чем заинтересован конечный потребитель. Тестирование микросхем предполагает решение таких задач, как подготовка конструкторской документации, разработка программного обеспечения для тестирования оборудования и его отладки. Исходным материалом для этого является техническая документация на проверяемую микросхему. Из документации выбираются важнейшие параметры, позволяющие судить о качестве микросхемы при ее тестировании. На основе этих выбранных параметров создается печатная плата для их измерения. В ходе подготовки к тестированию используется программное обеспечение для создания переходной платы. Для нее конструкторская документация разрабатывается на базе пакета программ AltiumDesigner. Для подключения микросхемы к переходной плате используется специальное контактирующее устройство. Оно также создается в среде AltiumDesigner исходя из схем его устройства. Это контактирующее устройство связывает выводы микросхемы с контактными площадками на переходной плате. На основе технических условий и Datasheet для тестируемой микросхемы определяются допуски на значения параметров, которые необходимы для измерения. Исходя из этих данных производится разработка программного обеспечения на специализированном языке тестера Сиори, выполняется настройка тестера для проведения измерений. После выполнения отладки и всех измерений формируются выходные данные измеряемых параметров. Если все измеряемые параметры соответствуют заявленным, микросхема проходит контроль, в ином случае она отбраковывается.

One of the ways of digital microcircuit testing is studied, namely: testing by means of the "Formula 2k" bench equipment. Testing allows for improving the quality of the output due to the rejection of low-quality elements, that is why, the consumer is interested in testing. The testing of microcircuits solves the following task: preparation of design documentation, development of software for equipment testing and its debugging. The source material for it is the microcircuit technical documentation. The most important parameters are chosen according to the documentation. These parameters allow to estimate the quality of the microcircuit during its testing. A printed circuit board is created based on these parameters. During the preparation for testing, the software is used to create a transition board. The design documentation for the board is developed on the basis of the Altium Designer software package. A special contact device is used to connect the microcircuit to the adapter board. It is also created in the Altium Designer according to its device schematics. The contacting device connects the microcircuit pins with the pads on the adapter board. Parameter tolerances required for the measurement are determined according to the specifications and datasheet for the tested microcircuit. The software is developed in the programming language "Si-

nop” using this datasheet. The tester is configured to carry out the measurements. The output data of the measured parameters is generated after completion of debugging and measurements. If all of the measured parameters are consistent to the declared ones, microcircuit is considered to pass control, otherwise it is rejected.

Ключевые слова: тестирование микросхем, контактирующее устройство, AltiumDesigner, Formula 2k, Sinop, переходная плата.

Keywords: adapter plate, testing of microcircuits, contacting device, Altium Designer, Formula 2k, Sinop.

УДК 621.914

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-35-41

В. Л. Тимофеев, доктор технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. L. Timofeev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

В. Б. Федоров, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. B. Fedorov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

В. И. Сидоренко, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. I. Sidorenko*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Р. С. Клевцова, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*R. S. Klevtsova*, Kalashnikov ISTU)

Геометрическое рассмотрение процесса фрезерования металлической заготовки (Geometrical Consideration of the Process of Milling a Metal Workpiece)

В рамках теории структурно-энерговременных полей (теория СЭВ-полей) свойств физических объектов при описании резания металлических материалов предлагается использовать пространственную физико-геометрическую интерпретацию предмета исследования, рассмотренную на примере анализа процесса цилиндрического фрезерования. При одном из вариантов технологического процесса, используя параметры фрезерования t , v , t_3 (t – глубина резания, м; v – скорость главного движения резания, м·мин⁻¹; t_3 – опытное время за одно перемещение заготовки, мин), имеем возможность операцию резания за одно перемещение заготовки представить в пространственных декартовых прямоугольных координатах в виде структурно-энерговременного поля Π_1 (СЭВ-поле), геометрический образ которого отображен в виде прямоугольного параллелепипеда. Объему параллелепипеда ставится в соответствии физическая величина Π_1 , являющаяся обобщенной характеристикой предмета исследования (процесса фрезерования).

Уравнение СЭВ-поля процесса срезания стружки за одно перемещение заготовки относительно вращающейся фрезы в октанте $t - v - t_3$:

$$\Pi_1 = C \cdot \text{Э} \cdot \text{В} = t \cdot v \cdot t_3.$$

Единица измерения величины Π_1 :

$$[\Pi_1] = [C \cdot \text{Э} \cdot \text{В}] = [t] \cdot [v] \cdot [t_3] = 1 \text{ м Д}^3 \times 1 \text{ м} \cdot \text{мин}^{-1} \text{ Д}^3 \times 1 \text{ мин Д}^3 = 1 \text{ м}^2 (\text{мин/мин}) \text{ Д}^9$$

где (мин/мин) – оболочка O единицы величины; Д^9 – оператор движения.

Понятия оболочки O и оператора движения Д введены в теории СЭВ-полей для более глубокого анализа предмета исследования.

Выражение $1 \text{ м}^2 (\text{мин/мин}) \text{ Д}^9$ – пример обозначения единицы измерения СЭВ-поля Π_1 , как одного из вариантов технологии процесса фрезерования. Здесь оболочка (мин/мин) показывает, что Π_1 является функцией времени.

Описанная методика дает возможность выразить каждый конкретный вариант режима фрезерования одним числовым показателем.

Схема физико-геометрической интерпретации предмета исследования для данной задачи позволяет обозначить каждый режим фрезерования определенной физической величиной, поскольку по осям координатного угла могут откладываться разные параметры. Она повышает геометрическую наглядность результатов, получаемых аналитическими средствами, способствуя более глубокому теоретическому осмыслению технологического процесса, а также осознанному формированию знаний и компактности их представлений.

Within the framework of the theory of the structure-energy-time fields (the theory of SET-fields) of the properties of physical objects in describing the cutting of metallic materials, it is proposed to use the spatial physical geometric interpretation of the subject of the study, considered using the example of the analysis of the process of cylindrical milling. In one of the variants of the technological process, using the milling parameters t , v , t_3 (t is the depth of cutting, m ; v is the speed of the main cutting motion, $m \cdot \text{мин}^{-1}$; t_3 is the test time for one transfer of the workpiece, мин), it is possible to represent the cutting operation for one movement of the workpiece in spatial Cartesian rectangular coordinates in the form of a structure-energy-time field Π_1 (SET-field), the geometrical image of which is displayed as a rectangular parallelepiped. The volume of the parallelepiped is put in correspondence with the physical quantity Π_1 , which is a generalized characteristic of the object of investigation (the process of milling).

The equation of the SET-field of the chip cutting process for one displacement of the workpiece relative to the rotating cutter in the octant t - v - t_3 is

$$\Pi_1 = C \cdot \mathcal{E} \cdot B = t \cdot x \cdot t_3,$$

where Π , C , \mathcal{E} , B are Russian capital letters.

The unit of measurement of value Π_1 is:

$$[\Pi_1] = [C \cdot \mathcal{E} \cdot B] = [t] \cdot [v] \cdot [t_3] = 1 \text{ м} \text{ Д}^3 \times 1 \text{ м} \cdot \text{мин}^{-1} \text{ Д}^3 \times 1 \text{ мин} \text{ Д}^3 = 1 \text{ м}^2 (\text{мин}/\text{мин}) \text{ Д}^3$$

where $(\text{мин}/\text{мин})$ is the sheath O of a unit of magnitude;

Д^0 (Д is the Russian capital letter) is the operator of motion.

The concepts of the sheath O and the motion operator Д are introduced in the theory of SET-fields for a deeper analysis of the subject of research.

Expression $1 \text{ м}^2 (\text{мин}/\text{мин}) \text{ Д}^0$ is an example of the designation of the unit of measurement of the SET-field Π_1 , as one of the variants of the technology of the milling process. Here, the shell $(\text{мин}/\text{мин})$ shows that Π_1 is a function of time.

The described technique makes it possible to express each concrete variant of the milling mode with a single numerical index.

The scheme of the physical geometric interpretation of the subject of research for this task allows us to designate each milling mode with a certain physical value, because different parameters can be plotted along the axes of the coordinate angle. It increases the geometric visibility of the results obtained by analytical means, contributing to a deeper theoretical understanding of the technological process, as well as the conscious formation of knowledge and the compactness of their representations.

Ключевые слова: фрезерование, параметры процесса резания, пространственная физико-геометрическая интерпретация предмета исследования, структурно-энерговременное поле процесса фрезерования.

Keywords: Milling, parameters of the cutting process, spatial physical and geometric interpretation of the subject of research, structural-energy-time field of the milling process.

П. И. Рябов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*P. I. Ryabov*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

С. В. Вологдин, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. V. Volodgin*, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

В. В. Максимова, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. V. Maksimova*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

Алгоритм распознавания изображений с приборов учета электроэнергии (Image Recognition Algorithm from the Electricity Metering Devices)

Работы по распознаванию изображений с приборов учета электроэнергии проводятся в рамках совместного проекта филиала Удмуртэнерго ПАО «МРСК Центра и Приволжья» и ИжГТУ имени М. Т. Калашникова по разработке автоматизированной системы «Мобильный энергоучет».

При рассмотрении вопроса измерения количества потребляемой энергии в условиях, когда полная замена устаревших приборов на автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета в короткий срок невозможна, возникает необходимость в автоматизированной верификации показаний. Автоматизация проверки корректности снятия показаний позволяет увеличить точность измерения отпуска электроэнергии, что в свою очередь ведет к уменьшениям убытков.

Для достижения данной цели используются фотографии приборов учета, сделанные контролерами на терминал. Изображения обрабатываются алгоритмом, который распознает показания приборов, и далее заносятся в базу данных потребления электроэнергии.

Перед распознаванием изображение анализируется на предмет расположения объектов с последующим исправлением искажений. Процесс предобработки состоит из нескольких этапов нахождения контуров объектов и их изменения. Для этого используются детектор Канни, преобразования Хафа, а также аффинные преобразования для корректировки положения объектов на изображении. Данный метод в дальнейшем позволяет более точно извлекать искомую информацию. В алгоритме распознавания используется метод Виолы – Джонса, который эффективен при работе с большим количеством данных на малоомощных вычислительных машинах. Также данный метод прост в использовании, что позволяет в короткие сроки адаптироваться к появлению новых видов приборов учета с ранее неучтенными элементами при обучении.

Описанный процесс обработки информации позволяет быстро обрабатывать большой массив информации с достаточной точностью, что позволяет увеличить достоверность данных при учете отпускаемой электроэнергии.

Works on image recognition with metering devices of electricity are conducted within the framework of the joint project of the Udmurtenergo (Branch of IDGC of Centre and Volga region) and Kalashnikov ISTU in the development of an automated system «Mobile Energy Billing».

When considering the question of measuring the amount of energy consumed, when the full replacement of obsolete instruments of the automated information-measuring system of commercial accounting in a short time is impossible, there is a need for automated verification of readings. Automation of check of correctness of readings allows for increasing the measurement accuracy of electricity supply, which in turn leads to the reduction of losses.

To achieve this purpose, you can use photos of metering devices made by the controllers to the terminal. Images are processed by an algorithm that recognizes the readings, and then they are stored in a database of electricity consumption.

Before recognition, the image is analyzed for the location of objects and correcting distortions. The preprocessing procedures consist of several stages of finding the contours of objects and their

modification. For this purpose, the Canny detector and Hough transformations are proposed and also the affine transformation to correct the position of the objects in the image. This method allows for more accurate extracting the desired information. The recognition algorithm uses Viola–Jones object detection, which is effective when working with large amounts of data on low power computing machines. Also, this method is easy to use, allowing in short terms to adapt to the emergence of new types of metering devices, with previously unaccounted for elements in the training.

The described process allows for quickly processing a large amount of information with high precision, thus reducing risks and losses at the account of electricity sold to consumers.

Ключевые слова: обработка изображений, распознавание образов, машинное обучение, детектор Канни, преобразование Хафа, Хаар-классификаторы.

Keywords: Image processing, image recognition, machine learning, Canny detector, Hough transform, Haar classifiers.

УДК 004.632

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-49-54

Р. Р. Юсупов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (R. R. Yusupov, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

С. В. Вологдин, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (S. V. Volodgin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

А. П. Бельтюков, доктор физико-математических наук, профессор, Удмуртский государственный университет (A. P. Beltyukov, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Udmurt State University)

Организация доступа к данным на основе бинарных правил в интеллектуальной системе тестирования (Organization of Data Access Based on Binary Rules in an Intelligent Testing System)

В данной статье рассматривается один из уровней защиты информации, а именно модель контроля доступа к данным, в которой реализуется принцип работы системы разграничения прав на основе бинарных правил. Актуальность данной темы обосновывается в наше время необходимостью ограничения доступа к данным практически в любых системах, где имеется какая-либо организационная структура среди пользователей. Целью данной работы является повышение безопасности хранимых данных путем ограничения доступа к ним. Принцип работы системы состоит в том, что у каждого пользователя есть право или набор прав, которые определяют уровень доступа к информации для данного пользователя. Совокупность прав представляется в виде двоичного числа, где длина числа определяется количеством всевозможных прав. Для апробации этого подхода по разграничению прав была использована интеллектуальная система тестирования (ИСТ), в которой данный подход представлен как один из модулей ИСТ. Итогом всей работы является реализация алгоритма предоставления доступа к данным на основе бинарных правил, которая поможет значительно повысить уровень безопасности системы, в которой данный алгоритм будет применен. Представленный материал будет полезен для специалистов по информационной безопасности.

In this paper, we consider one of the levels of information security, namely the data access control model, which implements the principle of the system of delineation of rights based on binary rules. Nowadays the relevance of this topic is justified because of need to restrict access to data in any virtually system where there is any organizational structure among users. The purpose of this work is to improve the security of stored data by limiting access to it. The principle of the system is that each user has a right or set of rights that determine the level of access to information for the user. The set of rights is represented in the form of a binary number, where the length of the number is determined by the number of all possible rights. To test this approach for delineation of rights, an intelligent testing system (ITS) was used, in which this approach is presented as one of the ITS

modules. The final result of this work is the implementation of the algorithm for providing access to data based on binary rules, which will help to increase the level of security of the system, in which this algorithm will be applied. The presented material will be useful for information security specialists.

Ключевые слова: конфиденциальность данных, ИТ, защита данных, интеллектуальные системы, база данных, информационная безопасность.

Keywords: data confidentiality, IT, data protection, intelligent systems, database, information security.

УДК 658.512.88

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-55-58

Б. А. Якимович, доктор технических наук, профессор, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*B. A. Yakimovich*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

С. И. Соломенникова, кандидат технических наук, доцент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. I. Solomennikova*, PhD in Engineering, Associate Professor, Votkinsk branch of Kalashnikov ISTU)

В. Н. Сяктерев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. N. Syakterev*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

В. В. Сяктерева, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. V. Suaktereva*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

От производительности к неопируемости сложных технических систем (From Productivity to Uncopy of Complex Technical Systems)

В статье рассматриваются основные этапы «жизненного цикла» сложной технической системы. Предложены с позиций системного подхода критерии эффективности (производительность, качество, издержки), которые срабатывают на определенных этапах жизненного цикла технической системы. Показано, что при переходе от одного этапа к другому формируются критические зоны, в которых могут проявиться новые свойства сложной технической системы, что позволяет обоснованно подойти к совершенствованию как самой системы, так и выпускаемых ею изделий.

В работе показано, что в условиях высокой конкуренции в различных отраслях промышленности актуальной задачей является продление нормативной длительности жизненного цикла сложной технической системы. На основе проведенного анализа сформулирован вывод о необходимости создания сложных технических систем, копирование которых и производимых ими изделий в заданный промежуток времени становится невозможным. Для этого наряду с известными критериями, такими как производительность, качество и издержки, авторами сформулирован новый критерий эффективности «неопируемость», выполнение которого позволит значительно продлить жизненный цикл сложной технической системы при условии востребованности выпускаемой продукции в требуемых объемах.

Предлагаемый авторами подход «Эволюции критериев эффективности сложных технических систем от производительности к неопируемости» позволяет с позиций системного анализа предложить механизмы эффективного управления сложной технической системой на всех этапах ее жизненного цикла.

The paper considers the main stages of the life-cycle of complex technical system. The basic stages of “life cycle” of complex technical system are provided. The efficiency criterion complex is offered from positions of system concept, productivity, quality and cost ‘work’ at the certain stages of technical system “life cycle”. It is shown that the transition from one stage to another forms “critical points” in which new properties of system might become apparent, allowing to approach reasonably improvement of both the system and manufactured products.

The approach proposed by the authors allows offering mechanism of efficient management of complex technical systems at all stages of its life cycle from the standpoint of system analysis. It is

shown that the actual problem is the extension of the normative duration of the life-cycle of complex technical systems in conditions of high competition in industries. On the basis of the analysis, a conclusion is made about necessity of creation of complex technical systems, a copy of which and their manufactured products becomes impossible. For this purpose, in addition to well-known criterion like productivity, quality and costs, a new criterion of effectiveness – “uncopy” (something that cannot be copied) was stated to allow for prolonging the “life cycle” of complex technical systems provided that there is demand of output goods on the required scale.

The proposed approach “Evolution of criteria of efficiency of complex technical systems for productivity to uncopy” allows for proposing the mechanisms of effective controlling the technical system at all stages of its life-cycle from the point of view of the system analysis.

Ключевые слова: сложная техническая система, критерии эффективности, производительность, управление качеством, бережливое производство, не копируемость.

Keywords: complex technical system, efficiency criterion, productivity, quality control, lean manufacturing, “uncopy” (something that cannot be copied).

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 502.656

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-59-68

В. А. Алексеев, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. A. Alekseev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Д. Н. Шульмин, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (D. N. Shulmin, Applicant, Kalashnikov ISTU)

Е. М. Козаченко, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (E. M. Kozachenko, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

Автоматизация устранения аварийного сброса в сточные воды промышленного предприятия (Automation of Removal of the Emergency Reset to Waste Waters of Industrial Enterprise)

В статье показано, что особую опасность для экологии представляют аварийные сбросы в сточные воды. Анализ систем контроля качества воды показал, что необнаруженный сброс загрязняющих веществ может привести к неблагоприятным последствиям и повреждению системы фильтрации и обезвреживанию сточных вод промышленных предприятий. Рассмотрена автоматизированная установка контроля изменений оптической плотности водных сред. Установка предназначена для устранения аварийных сбросов в сточные воды промышленного предприятия. Описан лабораторный стенд для исследования методов регистрации аварийных сбросов в сточных водах промышленных предприятий. Лабораторный стенд содержит оптико-электронный комплекс контроля оптической плотности водных сред, устройства аналого-цифрового преобразования сигналов с оптических датчиков, персональный компьютер и гидросистему из резервуаров, вентилей и трубы Вентури. Предложен алгоритм работы автоматического устранения аварийного сброса в сточных системах, состоящий из процесса инициализации, процесса распознавания формы сигнала с оптического датчика и принятия решения по выбору типа аварии. Определена оценка стабильности работы лабораторного стенда и произведена оценка погрешности получаемых результатов и регламент калибровки стенда. Случайная погрешность стенда не превышает 0,5 %. В статье рассмотрены также вопросы калибровки стенда. Приведены примеры осуществления калибровки с использованием заранее подготовленных растворов примесей с водой.

The paper shows that emergency discharges into sewage represent a particular danger for the environment. An analysis of water quality monitoring systems has shown that an undetectable discharge of pollutants can lead to adverse consequences and damage to the filtration system and the neutralization of industrial waste water. An automated installation for monitoring changes in the optical density of aqueous media is considered. The plant is designed to eliminate emergency discharges into industrial waste water. A laboratory stand for the investigation of methods for registering emergency discharges in sewage waters of industrial enterprises is described. The laboratory stand contains an optical - electronic complex for controlling the optical density of aqueous media, devices for analog - digital conversion of signals from optical sensors, a personal computer and a hydraulic system from reservoirs, valves and Venturi pipes. An algorithm for the automatic elimination of an emergency fault is proposed in waste systems, consisting of the initialization process, the process of recognizing the waveform from the optical sensor and deciding on the type of failure. The estimation of the stability of the laboratory stand was determined and the error in the results obtained and the calibration procedure for the stand were evaluated. The random error of the stand does not exceed 0.5%. The paper also deals with the calibration of the stand. Examples of calibration using pre-prepared solutions of impurities with water are given.

Ключевые слова: аварийные сбросы, водные загрязнения, система очистки сточных вод, устранение аварийных сбросов.

Keywords: emergency discharges, water pollution, sewage treatment system, elimination of emergency discharges.

УДК 691.618.92

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-69-74

Н. В. Бегунова, соискатель, ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова (*N. V. Begunova*, Senior lecturer, Kalashnikov ISTU)

В. Н. Возмищев, ООО «КомАР» (*V. N. Vozmishchev*, Deputy General Director «KomAR» Ltd.)

Сравнительная оценка прочности, жесткости и трещиностойкости бетонных конструкций, армированных полимеркомпозитной и стальной арматурами (Comparative Evaluation of Strength, Rigidity and Crack Resistance of Concrete Structures Reinforced with Fiberglass Rebar and Steel Rebar)

В данной статье приводятся результаты исследования образцов бетонных балок по прочности, жесткости и трещиностойкости, армированных полимеркомпозитной арматурой производства ООО «КомАР». Целью исследования являлось определение прочности, жесткости и трещиностойкости балок с полимеркомпозитной арматурой и их сравнение с железобетонными балками, которые были приняты эталонными. Основным документом, устанавливающим требования для проведения испытаний, является ГОСТ 8829–94 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагрузением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости». Балки с композитной арматурой изготовлены по аналогии с балками со стальной арматурой с сохранением геометрии, диаметра и количества стержней арматуры. Программа испытания включала в себя изучение технической документации на продукцию, изучение нормативно-правовых документов для возможной области применения, визуальный осмотр внешнего вида образцов, проведение испытания по показателям прочности, жесткости и трещиностойкости. Внешний осмотр и обследование балок проводились на предмет проверки качества поверхностей (наличия дефектов и повреждений). Проверка размеров балок и установление поверхностных дефектов (раковины, сколы) выполнялись с помощью средств измерений, а именно: штангенциркуля, рулетки и измерительной лупы.

In this paper, we present the results of studies of concrete beams for strength, rigidity and crack resistance reinforced with fiberglass rebar manufactured by KomAR. The purpose of the study was

to determine the strength, rigidity and crack resistance of beams with a fiberglass rebar and their comparison with reinforced concrete beams, which were adopted by reference beams. The main document, stating the requirements for testing, is GOST 8829-94 «Products reinforced concrete and concrete factory production. Methods of loading tests. Rules for evaluation of strength, rigidity and crack resistance». Beams with composite rebar are made by analogy with beams with steel rebar with preservation of geometry, diameter and number of rebar bars. The test program included the study of technical documentation for products, the study of regulatory documents for a possible field of application, visual inspection of the appearance of samples, testing of strength, rigidity and crack resistance. External inspection and examination of the beams were carried out to check the quality of the surfaces (the presence of defects and damage). Checking the size of the beams and the establishment of surface defects (shells, chips) is performed with the help of measuring instruments: calipers, roulette and measuring magnifier.

Ключевые слова: композитная арматура, стальная арматура, бетонная балка, прогиб, ширина раскрытия трещин.

Keywords: fiberglass rebar, steel rebar, concrete beam, deflection, crack opening width.

УДК 662.76 (045)

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-75-82

В. Н. Диденко, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. N. Didenko*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Е. М. Кашин, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. M. Kashin*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

К. С. Мерзлякова, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*K. S. Merzlyakova*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

Исследование возможности применения газогидратных технологий для фракционирования попутных нефтяных газов с высоким содержанием азота (Investigation of Possibilities of Applying the Hydrate Techniques for Fractioning the Associated Petroleum Gas with High Nitrogen Content)

Статья посвящена расчетному анализу особенностей образования газовых гидратов в попутных нефтяных газах (ПНГ) с высоким содержанием азота.

Постановлением Правительства РФ № 1148 от 8 ноября 2012 г. нефтедобывающим компаниям разрешается сжигать в факелах не более 5 % объема полученного попутного нефтяного газа, а оставшиеся 95 % должны быть утилизированы. На некоторых месторождениях нефти Удмуртской Республики ПНГ сильно забалластирован азотом N_2 (до 90 % по объемному составу) и имеет малое значение низшей теплоты сгорания, менее 8,00 МДж/м³, что существенно сужает выбор путей его утилизации.

В статье рассматривается способ утилизации попутного нефтяного газа с высоким содержанием азота, заключающийся в использовании процесса гидратообразования для отделения азота от всех остальных компонентов попутного нефтяного газа. Выделенный азот может рассеиваться в окружающем воздухе без каких-либо экологических последствий, а также использоваться как товарный продукт. Смесь горючих газов, полученная после удаления балласта (азота), имеет высокую теплоту сгорания, которая эффективно может утилизироваться сжиганием в различных теплоэнергетических установках для выработки электрической энергии, а также в нагревательных печах или топках котлов без превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) по оксидам азота, что избавит нефтяные компании от уплаты штрафов.

Для заключения о технической реализуемости газогидратных технологий отделения азота от остальных компонентов попутного нефтяного газа необходимо дать ответ на вопрос о принципиальной возможности образования газогидратов в газе с высоким содержанием азота (до 90 %). Этому вопросу посвящено данное исследование.

The paper is devoted to the settlement analysis of features of formation of gas hydrates in the associated petroleum gas (APG) with the high content of nitrogen.

According to the resolution of the Government of the Russian Federation No. 1148 of November 8, 2012 the oil-extracting companies are allowed to burn not more than 5% of volume of the received associated petroleum gas in torches, and the remained 95% have to be utilized. On some oil fields of the Udmurt Republic the APG is heavily ballasted by nitrogen (to 90% of volume structure) and has low heat of combustion that significantly narrows the choice of ways of its utilization.

The paper deals with the process of utilization of the associated petroleum gas with a high nitrogen content, which is realized in the process of purification (hydrate formation) to separate nitrogen from all other components of APG. Nitrogen, separated from other components, can be dispersed in the ambient air without any environmental consequences or used as a commodity product. The mixture of combustible gases remaining after removal of APG ballast in the form of N_2 is effectively used for combustion in various heat power installations.

For a conclusion about the technical feasibility of using gas hydrate technology to separate nitrogen from the other components of the APG is needed to answer the question about the possible formation of gas hydrates in APG with a high content of nitrogen (up to 90%). This research is devoted to this question.

Ключевые слова: забалластированный нефтяной газ, разделение газа, газовый гидрат, термобарические условия гидратообразования, методы расчета.

Keywords: ballasted oil gas, gas separation, gas hydrate, pressure temperature conditions of hydrate formation, calculation methods.

УДК 621.643.004

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-83-88

А. Н. Краснов, кандидат технических наук, Уфимский государственный нефтяной технический университет (A. N. Krasnov, PhD in Engineering, Ufa State Oil Technical University)

Прогнозирование динамических нагрузок в газопроводах на основе методов идентификации (Forecasting Dynamic Loads in Gas Pipelines Based on Identification Methods)

Внутреннее давление газа – одно из основных силовых воздействий, определяющих напряженное состояние трубопроводов. Толщина стенок труб магистральных трубопроводов обычно определяется только исходя из внутреннего давления продукта. Однако при этом конструктивное решение трубопровода как строительной конструкции выбирается с учетом всех возможных воздействий для принятой схемы прокладки трубопровода.

Под воздействием внутреннего давления в трубах возникают кольцевые растягивающие напряжения, которые рассчитывают по безмоментной теории тонкостенных цилиндрических оболочек, пренебрегая изменением радиальных напряжений по толщине трубы и начальным несовершенством формы поперечного сечения. Хотя вследствие овальности труб (отклонения формы поперечного сечения от круговой) наряду с кольцевыми растягивающими напряжениями и возникают изгибные напряжения, но их в расчетах по предельным состояниям не учитывают. Это объясняется тем, что в пределах допусков, установленных на овальность (отношение фактического диаметра трубы к номинальному), разрушающее давление практически одинаково для труб с различной овальностью. Однако имеются случаи, когда предельным состоянием для трубопровода является не его разрушение, а определенный уровень допускаемых напряжений. Это относится к трубопроводам, транспортирующим газ с содержанием сероводорода. Исследования показали, что склонность такого трубопровода к коррозионному разрушению тем выше, чем больше концентрация и парциальное давление сероводорода и напряженное состояние трубопровода. Для обеспечения надежной работы таких систем допускаемое максимальное напряжение определяется в зависимости от предела текучести металла труб. При определении же кольцевых напряжений

от внутреннего давления необходимо учитывать начальную овальность сечения трубопровода.

В статье излагаются вопросы прогнозирования кольцевых напряжений в стенке эксплуатируемого трубопровода по параметрам пульсаций давления рабочей среды. Приводится математическая модель и результаты экспериментальных исследований.

Internal gas pressure is one of the main force influences that determine the stressed state of pipelines. The thickness of the walls of the pipes of the main pipelines is usually determined only on the basis of the internal pressure of the product. However, the constructive solution of the pipeline as a building structure is chosen taking into account all possible impacts for the adopted pipeline layout.

Under the influence of internal pressure, annular tensile stresses arise in the tubes, which are calculated from the membrane theory of thin-walled cylindrical shells, neglecting the change in the radial stresses along the tube thickness and the initial imperfection of the cross-sectional shape. Although owing to the non-roundness of the tubes (the deviation of the cross-sectional shape from the circular one), along with the ring tensile stresses, flexural stresses also arise, but they are not taken into account in the calculations for the limiting states. This is due to the fact that within the limits of pre-starts, set for the non-roundness (the ratio of the actual diameter of the pipe to the nominal one), the destructive pressure is practically the same for pipes with different non-roundness. However, there are cases when the limiting state for a pipeline is not its destruction, but a certain level of allowed voltages. This applies to pipelines that transport gas with hydrogen sulphide content. Studies have shown that the tendency of such a pipeline to corrosion destruction becomes higher with the greater concentration and partial pressure of hydrogen sulphide and the strained state of the pipeline. To ensure reliable operation of such systems, the permissible maximum voltage is determined depending on the yield strength of the pipe metal. When determining the ring stresses from internal pressure, it is necessary to take into account the initial non-roundness of the pipeline section.

The authors show the possibility of evaluating the alternating stress component in a pipe wall by fluid pressure pulse measurements. The mathematical model of the problem solved and experimental results are presented.

Ключевые слова: кольцевые напряжения, пульсация давления, самокомпенсации трубопроводов, идентификация, ресурс трубопроводов.

Keywords: ring stresses, pressure pulsation, self-compensation of pipelines, identification, pipeline life-time.

УДК 534:624.074.4

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-89-93

А. Н. Краснов, кандидат технических наук, Уфимский государственный нефтяной технический университет (A. N. Krasnov, PhD in Engineering, Ufa State Oil Technical University)

В. Е. Лялин, доктор технических наук, доктор экономических наук, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. E. Lyalin, DSc in Engineering, DSc in Economics, DSc in Geology and Mineralogy, Professor, Kalashnikov ISTU)

Характер распространения колебаний стенок газопровода от источника возбуждений (Character of Vibration Propagation for Gas Pipeline Walls from Excitation Source)

Рассчитаны акустические импедансы бесконечной цилиндрической оболочки трубы с учетом существующих условий резонансов по продольным и сдвиговым волнам в оболочке при различных азимутальных числах и углах между направлением распространения нормальной волны и нормалью к поверхности оболочки.

Необходимо проводить сопоставление распределения импеданса по частоте и по длине трубы, найденное из эксперимента с теоретическим распределением импеданса, рассчитанным по уравнениям акустики.

Весьма актуально, что при доводке агрегатов газокompрессорной станции возникает необходимость сопоставления характеристик акустического поля, полученных из эксперимента и рассчитанных по системе уравнений, описывающих функционирование энергетической установки. В связи с этим необходимо исследовать, какие измерения необходимо провести в ходе испытания и как обработать полученную информацию, чтобы получить необходимые характеристики акустической волны (импеданс, соотношение между энергиями бегущей и стоячей компоненты).

В статье рассмотрен характер распространения колебаний стенок трубопровода от источника возбуждений. Показано, что комплексные корни определяют волны, которые уносят энергию источника в бесконечность. Все остальные корни определяют такие колебательные движения, энергия которых локализована около источника.

The acoustic impedances of the infinite cylindrical shell of the tube are calculated with allowance for the existing resonance conditions along the longitudinal and shear waves in the shell for different azimuthal numbers and angles between the direction of propagation of the normal wave and the normal to the shell surface.

It is necessary to compare the distribution of the impedance in frequency and along the length of the tube, found from an experiment with a theoretical distribution of the impedance calculated from the equations of acoustics.

It is very important that when adjusting the aggregates of the gas compressor station, it becomes necessary to compare the characteristics of the acoustic field obtained from the experiment and calculated from the system of equations describing the functioning of the power plant. In this connection, it is necessary to investigate what measurements need to be taken during the test and how to process the information obtained in order to obtain the necessary characteristics of the acoustic wave (impedance, the ratio between the energies of the running and standing components).

The paper considers the propagation of vibrations from the pipe walls excitation source. It is shown that complex roots define waves that carry energy source to infinity. All remaining roots define such an oscillatory motion, the energy of which is localized near the source.

Ключевые слова: колебания стенок и шумы газопроводов, входной адмитанс, задачи звукоизоляции, акустическое поле, энергетической установки.

Keywords: wall and noise oscillations of gas pipelines, input admittance, soundproofing tasks, acoustic field, power installation.

УДК 004:504.05

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-94-101

В. А. Куделькин, Консорциум «Интегра-С», г. Самара (V. A. Kudelkin, Consortium "Integra-S", Samara)

И. М. Янников, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (I. M. Yannikov, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Т. Г. Габричидзе, Консорциум «Интегра-С», г. Самара (T. G. Gabrichidze, Consortium "Integra-S", Samara)

Особенности обработки данных в интеллектуальной интегрированной системе безопасности объектов и территорий (Data Processing Features in the Intellectual Integrated Security System of Objects and Territories)

В работе представлена интеллектуальная интегрированная система безопасности, предназначенная для обеспечения комплексной безопасности объектов и территорий и представляющая собой сложный программно-технический комплекс, состоящий из различных подсистем безопасности и мониторинга. Приведены основные принципы создания и практические подходы к построению системы. На основе вышеуказанных принципов впервые сформулированы принципы создания интегрированных систем безопасности (ИИСБ) КВО и

ПОО, лежащие в основу Единых требований к проектированию и созданию интегрированных систем безопасности в виде комплекса технических средств, предназначенных для управления различными устройствами ИИСБ. Данные требования, обладающие информационной, технической, эксплуатационной и программной совместимостью, легли в основу ГОСТ Р 56875–2016 «Информационные технологии системы безопасности комплексные и интегрированные. Типовые требования к архитектуре и технологиям интеллектуальных систем мониторинга для обеспечения безопасности предприятий и территорий».

Поскольку практическая реализация системы безопасности на объектах и территориях во многом зависит от компетентности информированных должностных лиц, имеющих отношение к вопросам обеспечения безопасности, в целях решения данной проблемы авторами статьи предлагается ряд положений – практических подходов к построению интеллектуальной интегрированной системы безопасности ИИСБ-4D. Данные подходы послужили основой для разработки очередного проекта ГОСТ РФ «Интегрированные интеллектуальные системы мониторинга и обеспечения безопасности распределенных объектов, предприятий и территорий. Архитектура и общие технические требования к оборудованию и программным средствам интегрированных систем обеспечения безопасности», прошедшего окончательную экспертизу в техническом комитете и направленного на утверждение в Росстандарт РФ.

В статье приведен широкий перечень научной, методической и нормативно-правовой литературы, необходимой для практической реализации систем безопасности на объектах и территориях.

The work presents an intelligent integrated security system designed to provide complex security of objects and territories and is a complex software and hardware complex consisting of various security and monitoring subsystems. The main principles of creation and practical approaches to the system construction are given. Based on the above principles for the first time, the principles for the creation of integrated security systems (IISB) for CWE and VET, formed the basis for the Unified Requirements for the Design and Development of Integrated Security Systems in the Form of a Complex of Technical Means for Managing Various IISB Devices. These requirements, which have information, technical, operational and software compatibility, formed the basis of the Standard GOST R 56875-2016 "Complex and integrated information technologies for security systems. Typical requirements for the architecture and technologies of intelligent monitoring systems for ensuring the security of enterprises and territories".

Since the practical implementation of the security system in the objects and territories depends to a large extent on the competence of the information security officials, in order to solve this problem, the authors of the paper propose a number of provisions - practical approaches to the construction of the intellectual integrated safety system IISB-4D. These approaches served as the basis for the development of the next draft of the Standard GOST of the Russian Federation "Integrated intelligent monitoring and security systems for distributed objects, enterprises and territories. Architecture and general technical requirements for the hardware and software of integrated security systems", which passed the final examination in the technical committee and was sent to Rosstandart for approval.

The paper lists a wide range of scientific, methodological and legal literature necessary for practical implementation of security systems at sites and territories.

Ключевые слова: интеллектуальная интегрированная система безопасности, геоинформационная система, системы управления доступом, видеонаблюдение, кроссплатформенное приложение, датчики, мониторинг, критически важные и потенциально опасные объекты, отчеты, визуализация, кластеризация, корреляция.

Keywords: intelligent integrated security system, geoinformation system, access control systems, video surveillance, cross-platform application, sensors, monitoring, critical and potentially dangerous objects, reports, visualization, clustering, correlation.

В. А. Куделькин, Консорциум «Интегра-С», г. Самара (*V. A. Kudelkin*, Consortium "Integra-S", Samara)

И. М. Янников, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. M. Yannikov*, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Т. Г. Габричидзе, Консорциум «Интегра-С», г. Самара (*T. G. Gabrichidze*, Consortium "Integra-S", Samara)

М. В. Телегина, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. V. Telegina*, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Визуализация данных о состоянии безопасности объектов и территорий (Visualizing Data about the State of Safety of Objects and Territories)

Наглядное представление пространственных характеристик объектов является отдельным направлением визуализации. Использование трех- и четырехмерного изображения позволяет наглядно показывать количественные и реляционные характеристики пространственно ориентированных данных и быстро идентифицировать в них тренды.

В статье показаны особенности визуализации данных в интегрированной системе безопасности потенциально опасных, критически важных объектов (ПОО и КВО) и территорий, представляющей собой сложный программно-технический комплекс, позволяющий оперативно оценивать поступающую информацию, оперативно обрабатывать ее, принимать необходимые меры по предупреждению и реагированию при возникновении угроз чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и террористического характера.

При описании подсистемы визуализации системы производственного мониторинга ПОО подчеркивается, что особенностью отображения данных о физической защищенности объектов в представляемой геоинформационной системе безопасности является бесшовный виртуальный, четырехмерный мир с возможностью интеграции, управления и анализа пространственно-временных данных от различных систем. В основу архитектуры ГИС-безопасности объектов положена доменная (кластерная) структура. Каждый кластер более низкого иерархического уровня связан с одним из доменов более высокого уровня, при этом реализуется интегральная оценка безопасности кластера предыдущего иерархического уровня. Информация о контролируемых объектах поступает на соответствующие уровни принятия решений, автоматизированно распределяется в соответствии с полномочиями и обязанностями пользователей и сложившейся иерархией управления. Подробно изложены существующие функции подсистемы отображения, порядок формирования отчетов, визуализации состояния системы мониторинга на удаленных серверах и отображение качества связи с объектом контроля в виде специальных пиктограмм, функции карточек происшествий и др.

Описание работы подсистемы отображения, интегрирующей пространственно-временные данные, снабжено рисунками и таблицами, наглядно иллюстрирующими различные ее функции.

В целях своевременного устранения возникших неисправностей элементов систем безопасности авторами предложена автоматизированная система контроля обслуживания технических средств охраны систем физической защиты объектов.

A visual representation of the spatial characteristics of objects is a separate direction of visualization. The use of three- and four-dimensional images allows you to visually show the quantitative and relational characteristics of spatially-oriented data and quickly identify trends in them.

The paper shows the features of data visualization in the integrated security system of potentially dangerous, critical objects (VET and CWE) and territories, which is a complex software and hardware complex that allows you to quickly evaluate incoming information, promptly process it, take necessary measures to prevent and respond to occurrence of threats of emergency situations of natural, technogenic and terrorist nature.

When describing the visualization subsystem of the VET production monitoring system, it is emphasized that the feature of displaying data on physical security of objects in the geoinformation security system being presented is a seamless virtual, four-dimensional world, with the ability to integrate, manage and analyze spatial temporal data from various systems. The domain architecture (cluster) structure is based on the GIS object security architecture. Each cluster of the lower hierarchical level is associated with one of the higher-level domains, and an integrated security assessment of the cluster of the previous hierarchical level is implemented. The information on the monitored objects arrives at the appropriate levels of decision making, is automatically distributed in accordance with the authorities and responsibilities of users and the established hierarchy of management. Details of the existing functions of the display subsystem, the procedure for generating reports, visualizing the status of the monitoring system on remote servers and displaying the quality of communication with the object of control in the form of special pictograms, the function of incident cards, etc.

The description of the operation of the display subsystem integrating space-time data is provided with figures and tables that clearly illustrate its various functions.

With a view of timely elimination of the arisen malfunctions of the elements of security systems, the authors proposed an automated system for monitoring the maintenance of technical means of safety of the physical protection systems of the facilities.

Ключевые слова: интегрированная система, система, программа, устройство, датчик, объект, мониторинг, отчет, чрезвычайная ситуация.

Keywords: integrated system, system, program, device, sensor, object, monitoring, report, emergency.

УДК 665.612.2

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-109-117

И. И. Фахразиев, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. I. Fakhraziev*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

К. С. Мерзлякова, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*K. S. Merzlyakova*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

В. Н. Диденко, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. N. Didenko*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Исследование возможности применения газотурбинных установок для утилизации попутного нефтяного газа с высоким содержанием азота на нефтяных месторождениях удмуртской республики (Investigation of Possibility of Applying Gas Turbine Installations for Utilization of Associated Petroleum Gas with High Nitrogen Content at Oil Fields of Udmurt Republic)

Статья посвящена исследованию возможности применения газотурбинных установок (ГТУ) для утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) с высоким содержанием азота (N₂) в качестве основного топлива.

Компонентный состав нефтяного газа представляет собой смесь предельных углеводородов, включающую метан, этан, пропан, бутан, изобутан и другие углеводороды, процентное соотношение которых варьируется от места нефтяного промысла, в зависимости от геологических особенностей. Эксплуатируемые месторождения Удмуртской Республики (УР) характеризуются добычей тяжелой, трудно извлекаемой нефти с попутным нефтяным газом, содержащим значительное количество азота и поэтому обладающим низкой теплотой сгорания, что существенно затрудняет его методы утилизации. Обычно такой газ сразу сбрасывается в атмосферу или бесполезно сжигается на факельных установках: в обоих случаях это негативно сказывается на состоянии окружающей среды. В Постановлении Правительства Российской Федерации (РФ) от 8 ноября 2012 года № 1148 устанавливается целевой показатель сжигания ПНГ на факеле: не более 5 % от общего количества

получаемого газа. При превышении этого предельно допустимого показателя применяются повышающие коэффициенты, влияющие на размер выплат штрафов. Данные меры должны стимулировать нефтяные компании к разработке проектов по эффективному использованию попутного нефтяного газа. Существует несколько рациональных методов утилизации ПНГ: например, использование его в качестве сырья для нефтехимической промышленности или топлива для различных установок, вырабатывающих электрическую энергию и тепло. В данной статье исследуется возможность утилизации попутного нефтяного газа с высоким содержанием азота путем его сжигания в когенерационных газотурбинных установках с преимущественной выработкой электроэнергии.

The paper is devoted to research of a possibility of application of gas-turbine installations (GTI) for utilization of the associated petroleum gas (APG) with the high content of nitrogen (N₂) as the main fuel.

The component composition of the petroleum gas is a mixture of saturated hydrocarbons, including methane, ethane, propane, butane, isobutene and other hydrocarbons, the percentage of which varies from the oil field, depending on the geological features. The exploited oilfield of the Udmurt Republic are characterized by the extraction of heavy, difficult extracted oil with the associated petroleum gas containing a significant amount of nitrogen and therefore having a low calorific value, which significantly complicates its utilization methods. Usually such a gas is dumped in the atmosphere at once or is futilely burned in flare plants: in both cases, this negatively affects the state of the environment. The Decree of the Government of the Russian Federation (RF) of November 8, 2012 No. 1148 establishes the target index flaring of the associated petroleum gas on the flare: no more than 5% of the total amount of gas produced. At excess of this maximum permissible limit, increasing coefficients are applied that affect the amount of payment of fines. These measures should stimulate oil companies to development of projects for the effective use of associated petroleum gas. There are several rational methods for utilization of APG: for example, its use as raw materials for the petrochemical industry or fuel for various installations that generate electricity and heat. There are several rational methods for utilization of APG: for example, its use as raw materials for the petrochemical industry or fuel for various installations that generate electricity and warmth. In this paper the possibility is investigated for utilizing the associated petroleum gas with a high nitrogen content by burning it in gas turbine plants for generating electricity.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, газотурбинная установка, утилизация, когенерация, низшая теплота сгорания, коэффициент полезного действия.

Keywords: associated petroleum gas, gas-turbine installation, utilization, cogeneration, net calorific value, efficiency.

УДК 691.57

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-118-125

А. В. Шайбадуллина, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. V. Shaibadullina*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

Г. И. Яковлев, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*G. I. Yakovlev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

В. П. Грахов, доктор экономических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. P. Grakhov*, DSc in Economics, Professor, Kalashnikov ISTU)

И. С. Полянских, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. S. Polyanskikh*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Фасадное цементно-силикатное покрытие по керамическому кирпичу (Facade Cement Silicate Coating for Ceramic Bricks)

Разработано фасадное декоративное покрытие на основе жидкого натриевого стекла и портландцемента, модифицированное комплексной ультра- и нанодисперсной добавкой, включающей диоксид титана, вспученный перлитовый песок и дисперсию многослойных угле-

родных нанотрубок. Преимуществом разработанного покрытия является использование в качестве силикатизатора портландцемента вместо традиционно используемого оксида цинка. Разработанное цементно-силикатное покрытие обладает водостойкостью, хорошим сцеплением с основанием, паро- и газопроницаемостью, имеет повышенную долговечность со сроком службы покрытия, превышающую существующие аналоги в 4–5 раз. Наличие в составе покрытия многослойных углеродных нанотрубок приводит к поглощению техногенного электромагнитного излучения. Вспученный перлитовый песок, входящий в состав силикатного покрытия, позволяет придать ему рельефную поверхность при нанесении на основание. Применение разработанного фасадного цементно-силикатного покрытия возможно по поверхности силикатсодержащих материалов (кирпич, цементный бетон, известково-цементная штукатурка).

The facade decorative coating has been developed on the basis of liquid sodium glass and Portland cement modified by the complex ultra- and nano- disperse additive that includes the titanium dioxide, expanded perlite sand and dispersion of multilayer carbon nanotubes. The advantage of the developed coating is the application of Portland cement as silicatizator instead of conventionally applied zinc oxide. The developed cement silicate coating possesses water resistance, good mesh with the base, steam and gas permeability, has the increased durability with the coating lifetime 4-5 times higher than the existing analogs. The presence of multilayer carbon nanotubes within the coating leads to absorption of technogenic electromagnetic radiation. The expanded perlite sand comprised into the silicate coating allows for giving it the textured surface when applied on the base. Application of the developed façade cement silicate coating is possible on the surface of silicate containing materials (brick, cement concrete, cement lime plaster).

Ключевые слова: жидкое натриевое стекло, портландцемент, силикатная краска, многослойные углеродные нанотрубки, экранирование.

Keywords: liquid sodium glass, Portland cement, silicate paint, multilayer carbon nanotubes, shielding.

УДК 550.8.053

DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-126-130

А. В. Щербенёв, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (A. V. Sherbenev, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University)

Использование регрессионного анализа для определения проницаемости в терригенных породах Башкирского свода и соликамской депрессии (Application of Regression Analysis for Determining the Permeability in Terrigenous Rocks of the Bashkir Arch and Solikamsk Depression)

В статье рассмотрены проницаемые и непроницаемые породы Башкирского свода и Соликамской депрессии. Башкирский свод находится в южной части Пермского края, Соликамская депрессия занимает восточную часть северной половины края. Материалом для рассмотрения являются пористость, проницаемость, объемная и минералогическая плотности и плотность насыщенного образца, полученные при исследовании кернового материала из скважин, находящихся на рассматриваемых тектонических элементах. Из полученных данных составлена статистически значимая выборка, достаточная для проведения статистического анализа. Степень связи параметров между собой и определение различий и сходств в породах различных тектонических элементов проводилось по результатам, полученным при построении корреляционных матриц. При рассмотрении полученных коэффициентов корреляции исследуемых параметров получено, что породы на разных тектонических элементах различаются по степени связанности между объемной, минеральной плотностью и плотностью насыщенного образца. Это указывает на различие пород в уплотненности пород на разных тектонических элементах. Наиболее плотные породы представлены на территории Соликамской депрессии. Основным параметром для рассмотрения выбран параметр проницаемо-

сти как один из наиболее важных при разработке месторождений. Для выявления параметров, влияющих на определение проницаемости, проведен регрессионный анализ, показывающий зависимость между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми. По результатам этого анализа построены линейные математические модели и выявлена степень влияния каждого из рассматриваемых параметров на формирование коэффициента проницаемости. Проведен сравнительный анализ между параметрами, влияющими на определение проницаемости в проницаемых и непроницаемых породах на различных тектонических элементах.

The permeable and impermeable rocks of the Bashkir arch and Solikamsk depression are considered in the paper. Bashkir arch is located in the southern part of Perm region. Solikamsk depression occupies the Eastern part of the Northern half of the region. Porosity, permeability, volumetric density and mineralogical density and the density of a saturated sample are considered. The material was obtained in the study of core material from wells on the considered tectonic elements. The statistical significant sample was compiled from the data. This sample is sufficient for statistical analysis. The correlation matrices were constructed. It shows the degree of correlation of the parameters among themselves and identify differences and similarities in the rocks of different tectonic elements. The coefficients of correlation of parameters were obtained that the rocks in different tectonic elements differ in the degree of coupling between volumetric mineral density and the density of the saturated sample. It indicates a difference of species in the density of rocks at different tectonic elements. The toughest rock is located in the territory of Solikamsk depression. The main parameter is selected to be permeability as the one of the most important in the development field. The regression analysis was made to identify the parameters that influence the determination of permeability. It shows the relationship between the dependent variable and one or more independent. As the result of this analysis a linear mathematical model is constructed and the degree of influence of each of the analyzed parameters on the formation of the permeability coefficient is revealed. The comparative analysis was made between the parameters that influence the determination of permeability in the permeable and impermeable rocks for various tectonic elements.

Ключевые слова: коэффициент пористости, коэффициент проницаемости, объемная плотность, минералогическая плотность, Башкирский свод, Соликамская депрессия, регрессионный анализ, корреляционная матрица.

Keywords: coefficient porosity, permeability, bulk density, mineral density, Bashkir arch, Solikamsk depression, regression analysis, correlation matrix.