

**Содержание научно-практического журнала  
«Интеллектуальные системы в производстве»  
Том 15, № 1 2017**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ  
И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК 621.833

*Ф. Р. Алиев*, аспирант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (*F. R. Aliev*, Post-graduate, National Research Tomsk Polytechnic University)

*А. В. Лазуркевич*, аспирант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (*A. V. Lazurkevich*, Post-graduate, National Research Tomsk Polytechnic University)

*И-Кан Ан*, доктор технических наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (*I-Kan An*, DSc in Engineering, Professor, National Research Tomsk Polytechnic University)

**Планетарная передача на базе диплоского зацепления с промежуточными телами (Planetary Gear on Basis of Diplane Meshing with Intermediate Bodies)**

*Рассмотрена конструкция и предложена методика геометрического расчета и кинематического анализа одной из разновидностей планетарных передач с зацеплением промежуточных тел-шариков с улучшенными характеристиками [1]: высоким КПД за счет уменьшения потерь на трение, увеличенной нагрузочной способностью за счет многопарности зацепления, компактностью и т. д.*

*Планетарная передача содержит два солнечных колеса, водило, сателлит и две группы промежуточных тел-шариков, контактирующих с поверхностями зубьев, выполненных на обращенных друг к другу торцевых поверхностях солнечных колес и сателлита. При этом каждая группа промежуточных тел-шариков отдельно позиционируются и объединяются с помощью сепаратора, представляющего диск с отверстиями для шариков. Для исключения нагрузки на сепараторе оси зацепления в каждой паре зацеплений, составленной солнечным колесом, сателлитом и сепаратором с промежуточными телами-шариками, совмещены.*

*Приведен численный пример геометрического и кинематического расчетов передачи. Показано, что соответствующим подбором параметров можно свести скорость скольжения шариков относительно поверхностей зубьев близкой к нулю.*

*The design is considered and the technique is proposed for geometrical calculation and the kinematic analysis of one of kinds of planetary gears with meshing of intermediate bodies-balls with the improved characteristics: high efficiency due to reduction of losses by friction, the increased load ability thanks to multi-paired relationship of gearing, compactness, etc.*

*The planetary gear contains two sun gearwheels, the carrier, the satellite and two groups of intermediate bodies-balls which are contacted with surfaces of teeth arranged on the face surfaces of sun gearwheels and the satellite turned to each other. At the same time each group of intermediate bodies-balls are separately positioned and united with the help of the separator representing a disk with openings for balls. To eliminate the loading on a separator of the meshing axis, in each meshing couple made of a solar wheel, the satellite and the separator with intermediate bodies-balls are combined.*

*The numerical example of geometrical and kinematic calculations of the gear is given. It is shown that the corresponding selection of parameters allows for reducing almost to zero the speed of sliding of balls with respect to tooth surfaces.*

**Ключевые слова:** планетарная передача, промежуточные тела, геометрия, кинематика, скорость скольжения, конструкция.

**Keywords:** planetary gear, intermediate bodies, geometry, kinematic, sliding speed, design.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-4-8

УДК 621.833.3

*В. И. Гольдфарб*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*V. I. Goldfarb*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

### **Инновационный путь развития производства спироидных передач и редукторов (Innovative Way of Developing the Production of Spiroid Gears and Gearboxes)**

*В статье дается описание разработки теории проектирования и практики внедрения спироидных передач и редукторов в России, перечислены этапы инновационного развития производства спироидных передач и редукторов. Становление и развитие этого инновационного производства сопровождалось разработкой новых методов расчета передач и редукторов, работающих в условиях эксплуатации приводов трубопроводной арматуры, разработкой унифицированных конструкций редукторов, масштабными экспериментальными исследованиями, которым предшествовало создание соответствующего испытательного оборудования, а также созданием и освоением прогрессивной технологии изготовления, гарантирующей высокое качество изделий и рентабельность их производства в условиях жесткой конкуренции. Показано, что именно инновационная поддержка оказала решающее значение на это развитие, благодаря которой удалось создать одно из ведущих предприятий для производства наукоемких импортозаменяющих редукторов трубопроводной арматуры, не имеющих аналогов в мировой практике.*

*The paper presents the description of the development of the theory of design and practice of implementation of spiroid gears and gearboxes in Russia. Stages of innovative development of spiroid gears and gearbox production are described. Mastering of this innovative production has been accompanied by the development of new methods for calculation of gears and gearboxes operating within extreme conditions for pipeline valves; development of unified layouts of gearboxes, large-scale experimental investigations preceded by development of the corresponding testing equipment, and also by creation and development of progressive manufacturing techniques that guarantee high quality of products and efficiency of production within high business struggle. It is shown that it is an innovation support that crucially promoted this development; consequently, it became possible to create one of the leading enterprises for production of science intensive import substituting gearboxes for pipeline valves that do not have analogs in the world practice.*

**Ключевые слова:** спироидные редукторы, трубопроводная арматура, инновационное развитие производства.

**Keywords:** spiroid gearboxes, pipeline valves, innovative development of production.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-9-12

УДК 621.833.6

*А. В. Лазуркевич*, аспирант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (*A. V. Lazurkevich*, Post-graduate, National Research Tomsk Polytechnic University)

*Ф. Р. Алиев*, аспирант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (*F. R. Aliev*, Post-graduate, National Research Tomsk Polytechnic University)

*И-Кан Ан*, доктор технических наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (*I-Kan An*, DSc in Engineering, Professor, National Research Tomsk Polytechnic University)

### **Силовой и прочностной расчеты волновой передачи с шариковыми промежуточными телами (Power and Strength Calculations of Wave Gear with Ball Intermediate Bodies)**

*Волновые планетарные передачи с шариковыми промежуточными телами более просты и технологичнее, чем подобные передачи с роликовыми промежуточными телами. В настоящее время такие передачи находят широкое применение в различных отраслях промышленности: нефтяной, горной, авиационной, космической и в др. Однако в настоящее время отсутствуют общие методы геометрического, силового и прочностного расчетов передач с разницей между числами зубьев колеса и шариков, равной  $\pm 1$ . Эта задача важна не только при расчете на прочность элементов зацеплений и опорных узлов, но и при проек-*

тировании передачи, так как направление вращения ведомого звена меняется на противоположное.

*В работе рассмотрен оригинальный метод силового и прочностного расчетов волновой передачи с шариковыми промежуточными телами, основанный на решении задачи статической неопределенности с привлечением контактных задач. Некоторые сложности задачи связаны с решениями систем трансцендентных уравнений, а также с вычислением кривизны профилей зубьев. В связи с этим была разработана программа для ПК в среде Delphi для численной реализации задачи. При этом радиус кривизны профилей зубьев колеса определяется путем использования хорды между тремя точками на профиле и теоремы синусов.*

*Wave planetary gears with ball intermediate bodies are simpler and more technological than similar gears with roller intermediate bodies. Now such gears find broad application in various industries: oil, mountain, aviation, space and other. However, now there are no general methods for geometrical, power and strength calculations of gears with the difference between tooth numbers for a gearwheel and balls, equal to  $\pm 1$ . This task is important not only within the strength analysis of meshing elements and support units but also at gear design as the direction of rotation of the driven element changes to the opposite one.*

*In this paper, the original method for power and strength analysis of the wave gear with ball intermediate bodies based on the solution of a problem of static indetermination with application of contact tasks is considered. Some difficulties of the task are connected with solutions of systems of transcendental equations, and with calculation of curvature of tooth profiles. In this regard, the program for the personal computer in the environment of Delphi has been developed for numerical implementation of the task. At the same time the radius of curvature of tooth profiles for the gearwheel is determined using chords between three points on the profile and the theorem of sines.*

**Ключевые слова:** планетарная передача, конструкция, промежуточные тела-шарики, кривизны, контакт тел, деформация, силы в зацеплении.

**Keywords:** planetary gear, design, intermediate bodies-balls, curvature, contact of bodies, deformation, meshing force.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-13-16

УДК 621.833.3

*А. П. Ништа*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. P. Nishta*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

*Е. И. Попова*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. I. Popova*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

### **Исследование причин ограничения нагрузочной способности зацепляющихся звеньев спироидных передач (Investigation of Causes for Limiting the Load-Carrying Capacity of Meshing Elements of Spiroid Gears)**

*Появившиеся относительно недавно спироидные передачи находят эффективное применение при различных условиях и режимах работы. Кроме того, существуют различия в применяемых материалах и технологиях изготовления зацепляющихся звеньев спироидных передач. Спироидные колеса можно изготавливать из полиамидов, спекаемых металлических порошков, бронзы, стали и чугуна. Червяк традиционно изготавливают из сталей с использованием термической или химико-термической обработки для повышения прочности и износостойкости. Технологические различия в свою очередь приводят к разным причинам снижения прочности зубьев спироидных колес и витков червяка. В статье рассмотрены некоторые причины ограничения нагрузочной способности зацепляющихся звеньев спироидных передач. Проводимые многолетние испытания спироидных передач выявили различные виды разрушений для зубьев спироидных колес. Основной причиной разрушений пластмассовых спироидных колес является срез. Для порошковых колес характерны либо срез, либо излом. Однако витки спироидного червяка также могут ломаться неожиданно. Для определения отклонений в структуре и свойствах поверхностного слоя и сердцевины нитроцементно-*

ванных червяков были проведены металлографические исследования. Из витков спироидных червяков были сделаны образцы, которые затем подвергались всем необходимым манипуляциям для получения микрошлифов.

*Relatively recent spiroid gears have been found effective application in various environments and operation modes. In addition, there are differences in the applied materials and manufacturing technologies for spiroid gearwheels and worms. Spiroid gearwheels can be made of polyamides, sintered metallic powders, bronzes, steel and cast-iron. The worm is traditionally made of steels with thermal and chemical and thermal treatment to increase their strength and wear resistance. In turn, manufacturing differences lead to various causes of reducing the load-carrying capacity of spiroid gearwheels and worms. The paper considers several reasons of limiting the load carrying capacity of meshing elements of spiroid gears. Long-term experiments of spiroid gears revealed different types of failures for teeth of spiroid gearwheels. The main reason of fractures for plastic spiroid gears is shear. As for powder gearwheels, either shear or fracture is specific for them. However, threads of spiroid worms can also be broken suddenly. In order to determine the deviation in the structure and properties of the surface layer and core of nitro-carburized worms, metallographic investigations have been carried out. Threads of spiroid worms have been taken as samples which have been further subjected to all necessary manipulations to obtain micro-etches.*

**Ключевые слова:** нагрузочная способность, спироидные передачи, нитроцементация, червяки, металлографический анализ.

**Keywords:** load carrying capacity, spiroid gears, nitro-carburizing, worm, metallographic analysis.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-17-19

УДК 004.891.3

*С. В. Пахтусов*, ООО «Газпром трансгаз Саратов», Саратов (*S. V. Pakhtusov*, “Gazprom Transgaz Saratov” Ltd, Saratov)

*И. И. Евдакимов*, ООО «Газпром трансгаз Саратов», Саратов (*I. I. Evdakimov*, “Gazprom Transgaz Saratov” Ltd, Saratov)

*М. В. Аврамов*, кандидат технических наук, ООО «Газпром трансгаз Саратов», Саратов (*M. V. Avramov*, Phd In Engineering, “Gazprom Transgaz Saratov” Ltd, Saratov)

*П. Г. Антопов*, кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А. (*P. G. Antopov*, Phd In Engineering, Yury Gagarin State Technical University, Saratov)

*Н. М. Губин*, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А. (*N. M. Gubin*, Yury Gagarin State Technical University, Saratov)

*О. Н. Долинина*, кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А. (*O. N. Dolinina*, Phd In Engineering, Yury Gagarin State Technical University, Saratov)

### **Экспертная система диагностики неисправностей газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях (Expert System for Diagnostics of Faults of Gas Turbines at Gas-Compressor Stations)**

*Описано существующее состояние дел в области диагностики неисправностей газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на компрессорных станциях, показано, что используемое программное обеспечение своевременно диагностирует неисправности ГПА, но не определяет причины их появления и, следовательно, не повышает эффективность их устранения. В статье предложен способ решения проблемы диагностики причин неисправностей ГПА за счет внедрения экспертной системы GASDETECT, разработанной на основе экспертных и ретроспективных данных ООО «Газпром трансгаз Саратов», описана структура системы, приведены примеры нечетких правил, для принятия решения используется нечеткий алгоритм Мамдани.*

*The paper describes the current situation in diagnostics of faults of gas turbines (GT) at gas compressor stations. It is shown that the applied software can diagnose on-time the GT faults but*

*does not define the reasons of their appearance and, therefore, can not improve the effectiveness of their correctness. The approach is proposed in the paper to solve the problem of diagnostics of GT faults by using the developed expert system GASDETECT on the base of expert and historical data provided by the company "GAZPROM TRANSGAZ SARATOV" Ltd. The structure and fuzzy rules of the expert system are described. The Mamdani fuzzy algorithm is used for making decisions.*

**Ключевые слова:** неисправности газоперекачивающих агрегатов, экспертная система, нечеткая база знаний, правила вывода.

**Keywords:** gas turbines faults, expert system, fuzzy knowledge base, inference rules.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-20-25

УДК 621.833 + 621.8.024.4

*М. Ю. Сачков, кандидат технических наук, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (M. Yu. Sachkov, PhD in Engineering, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics)*

### **Определение параметров движения зубчато-поводковых передач на скрещивающихся осях (Determination of Motion Parameters for Rod Toothed Gears with Skew Axes)**

*В работе рассматриваются приближенные передачи. Данная работа посвящена определению параметров движения зубчато-поводковой передачи на скрещивающихся осях. Разработка защищена патентом РФ. В статье обоснована актуальность синтеза новых видов зацепления с упрощенной геометрией контактирующих тел. Представлено расположение систем координат, использованных для получения функции положения передачи, состоящей из двух колес и неподвижного звена (стойки). Для передач на скрещивающихся осях получены координаты точек контакта на поверхностях поводков и рассчитаны ошибки функции положения при пересопряжении. Функция положения получена применением метода матричного преобразования систем координат и равенства радиусов-векторов и ортов нормалей в точке контакта. Данная передача может быть актуальна в машиностроении, приборостроении и других отраслях народного хозяйства. На ее основе могут быть синтезированы как редукторы, так и мультипликаторы. Она обладает высокой технологичностью (для ее изготовления не требуется специального оборудования), а функция перемещения близка к линейной. Данная статья характеризует влияние изменения передаточного отношения на качественные характеристики передачи. Определены минимальные допустимые передаточные отношения для различных чисел поводков ведущего колеса. Значения минимальных допустимых передаточных отношений существенно меньше, чем для конических зубчато-поводковых передач на пересекающихся ортогональных осях. Зацепление происходит без выхода точки контакта на кромку поводка. Для решения полученной системы уравнений применялись численные методы программного пакета MathCAD. В дальнейшем автором предполагается рассмотреть возможные погрешности монтажа и изготовления зубчато-поводковой передачи (такие, как погрешность шага, несоосность и т. д.) с целью оценки их влияния на качественные характеристики зацепления для всех типов взаимного расположения осей.*

*Approximated gears are considered in the paper. This work is devoted to determination of motion parameters of a rod toothed gear with skew axes. This development is protected by the patent of the Russian Federation. The urgency of the synthesis of new kinds of meshing with simplified geometry of contacting solids is substantiated. The paper describes the location of coordinate systems applied to obtain the position function of the rod toothed gear consisting of two wheels and the fixed element (rack). For gears with skew axes coordinates of contact points on surfaces of rods are obtained and errors of the position function are calculated at re-conjugation. The position function is obtained by the method of matrix transformation of coordinate systems and by equality of radius vectors and normal unit vectors at the contact point. This gear can be used in mechanical engineering, instrument-making and other branches of national economy. Both gearboxes and multipliers*

can be synthesized on its basis. It has a high manufacturability (special equipment is not required for its production); and the position function is close to a linear one. This paper describes the influence of changing the gear ratio on quality characteristics of the gear. Minimum allowable gear ratios for different numbers of rods of the driving gearwheel are determined. The values of minimum allowable gear ratios are significantly less than those for the bevel rod gears with intersecting orthogonal axes. The meshing occurs without coming of the contact point to the edge of the rod. Numerical methods of MathCAD software package are applied for solving the obtained system of equations. In future, the author will consider other possible errors of manufacturing and assembly for the rod toothed transmission (such as the pitch error, misalignment, etc.) in order to assess their impact on the qualitative characteristics of the meshing for all types of mutual position of axes.

**Ключевые слова:** зубчато-поводковая передача, функция положения, ошибка передаточного отношения, ошибка положения, скрещающиеся оси.

**Keywords:** rod toothed gear, position function, error of the gear ratio, position error, skew axes.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-26-29

УДК 621.833:001.4

*В. Е. Старжинский*, доктор технических наук, профессор, Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь (V. E. Starzhinsky, DSc in Engineering, Professor, V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus)

*В. И. Гольдфарб*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. I. Goldfarb, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*С. В. Шилько*, кандидат технических наук, доцент, Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь (S. V. Shilko, PhD in Engineering, Associated Professor, V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus)

*Е. В. Шалобаев*, кандидат технических наук, профессор, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО) (E. V. Shalobaev, PhD in Engineering, Professor, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics)

*Е. И. Тескер*, доктор технических наук, профессор, Волгоградский технический университет (E. I. Tesker, DSc in Engineering, Professor, Volgograd State Technical University)

**Развитие терминологии в области зубчатых передач и трансмиссий.**

**Часть 1. Развитие терминологии по зубчатым передачам постоянной комиссией ИFToMM «Стандартизация терминологии по ТММ» (Development of Terminology in Gearing and Power Transmissions. Part 1. Development of the Gearing Terminology by IFToMM Permanent Commission Standardization of Terminology on TMM)**

Рассматриваются проблемы развития терминологии в области зубчатых передач и трансмиссий. С привлечением широкого круга информационных источников (международные и национальные стандарты, справочники; словари по механике, машиностроению, теории механизмов и машин, международные трансляторы, сборники рекомендуемых терминов и др.) излагаются и анализируются подходы и этапы: (а) становления и развития терминологии по зубчатым передачам: в рамках деятельности Постоянной комиссии Международной федерации по содействию развитию науки о механизмах и машинах (IFToMM) «Стандартизация терминологии по ТММ» (РС А); (б) сбор и анализ информации, компоновка структуры; периодическое, по мере накопления терминологического материала, обновление содержания словаря-справочника по зубчатым передачам; (в) идентификация, классификация и описание видов повреждений зубчатых колес в процессе разработки Межгосударственного стандарта по видам повреждений зубчатых колес. Анализируется процесс поэтапной разработки терминологии по ТММ Постоянной комиссией ИFToMM РС А, начиная с момента ее образования (1969 г.) по настоящее время (2016 г.), с акцентом на разра-

ботку терминологии по зубчатым передачам. Показан механизм подготовки, корректировки и систематического обновления, а также редактирования терминологических текстов языковыми редакторами. Приводится информация о разработке и пользовании электронным словарем IFToMM. Обсуждается применение нового онлайн-редактора терминологического словаря IFToMM – Thesaurus Editor (Thedi), встроенного в электронную библиотеку Digital Mechanism and Gear – Library (DMG-Lib). Указанный текстовый редактор предназначен для использования Постоянной комиссией IFToMM по стандартизации терминологии, позволяя более эффективно работать с терминологическим словарем IFToMM с использованием, наряду с официальными языками IFToMM, других языков.

*The problems of developing terminology in gearing and transmissions are considered in the paper. A wide range of information sources (international and national standards, reference books, dictionaries on mechanics, mechanical engineering, theory of mechanisms and machines, international translators, collectors of recommended terms et al.) is studied to state and analyze the following approaches and stages in this field: (a) appearance and development of terminology within the activity of IFToMM Permanent Commission “Standardization of Terminology on TMM” (PC A); (b) compilation of the reference dictionary book on gearing – accumulation and analysis of information; arrangement of content; periodic, as far as of acquisition terminological data, renewal of the reference dictionary content; (c) identification, classification and description of gear failure modes in the scope of developing interstate (for CiS-countries) standard on forms of gear failures. The paper describes the mechanism of preparation, correction, systematic update and editing of terminology texts by language editors. The process of evolutionary development of terminology on TMM by IFToMM PC A is analyzed – from the constitution of the IFToMM PC A in 1969 till the present time with the accent to development of terminology on gearing. Information about development and using of IFToMM electronic dictionary is given. The application of the new online editor (Thesaurus Editor – “Thedi”), incorporated in the electronic library (Digital Mechanism and Gear Library – DMG-Lib) for the IFToMM Dictionary, is discussed. Software “Thedi” is developed as a working instrument for activity of IFToMM Permanent Commission PC A, enabling more effective and comprehensible work with IFToMM Terminological Dictionary when using other languages besides the official IFToMM language.*

**Ключевые слова:** зубчатые передачи, терминология, классификация, идентификация, стандартизация, электронный словарь, тезаурус-редактор, словарь-справочник, виды повреждений зубчатых колес.

**Keywords:** gears, terminology, classification, identification, regulation, electronic dictionary, thesaurus editor, reference-dictionary book, gear failure modes.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-30-36

## **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

УДК 681.3:622.24

*А. Н. Краснов*, кандидат технических наук, Уфимский государственный нефтяной технический университет (*A. N. Krasnov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological University)

**Измерение давления и температуры в скважине одним датчиком по трехпроводной линии связи (Measuring Pressure and Temperature in Well By One Sensor at Three-Wire Communication Line)**

*В статье описывается устройство для измерения геофизических параметров в скважине, преобразуемых в изменение активного сопротивления резистивного датчика с использованием трехпроводной линии связи. Предлагаемое изобретение может быть использовано в*

нефтегазовой промышленности для исследования нефтяных и газовых скважин, а также для исследования высокотемпературных парогидротермальных скважин, предназначенных для получения пара из недр земли для геотермальных станций.

*The paper describes a device for measuring geophysical parameters in the well that can be transformed into a change in resistance of the resistive sensor using a three-wire communication line. The invention can be used in the oil industry for the study of oil and gas wells, as well as for the study of high-temperature hydrothermal wells designed to generate steam from the earth geothermal stations.*

**Ключевые слова:** измерение давления и температуры, тензодатчик, парогидротермальная скважина.

**Keywords:** pressure and temperature measurement, strain gauge, steam hydrothermal wells.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-37-40

УДК 621.319.4

*В. А. Стародубцева*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. A. Starodubtseva*, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*М. О. Шкляев*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. O. Shklyayev*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

### **Активная балансировка суперконденсаторов (Active Balancing of Super-Capacitors)**

*В данной статье рассматривается решение одной из проблем использования суперконденсаторов, в связи с которым их применение является затруднительным в настоящее время.*

*Как известно, из-за низкого номинального напряжения суперконденсаторов использование происходит при их последовательном соединении. При производстве суперконденсаторов имеется некоторый разброс параметров по емкости. В связи с этим возникает проблема разной скорости заряда суперконденсаторов, а именно: возникает вероятность перезаряда суперконденсатора, что может вызвать его пробой. Появляется необходимость ограничения напряжения на суперконденсаторе при заряде. Для проверки теоретических сведений проведено моделирование заряда последовательно соединенных суперконденсаторов в программной среде Multisim.*

*В статье рассматриваются ключевые этапы разработки схемы устройства для ограничения напряжения на суперконденсаторах, которая будет являться активной балансировкой. Содержится расчет основных параметров данной балансировки. Для подтверждения работоспособности предложенной схемы проведено моделирование последовательно соединенных суперконденсаторов с использованием разработанной активной балансировки. Описаны результаты проведенных моделирований. Для наглядного представления принципа работы активной балансировки при моделировании были дополнительно выведены осциллограммы напряжений внутренних узлов схемы. В качестве доказательства важности правильного расчета параметров схемы проведено моделирование с неверно выбранными параметрами активной балансировки. Проведены описание и анализ результатов данного моделирования.*

*В заключение раскрывается эффективность решения проблемы заряда последовательно соединенных суперконденсаторов. Раскрывается вопрос надежности и энергоэффективности использования модулей суперконденсаторов. С помощью приведенной статьи раскрывается вопрос ускорения внедрения использования суперконденсаторов в качестве накопителей энергии.*

*The decision for one of problems of using the super-capacitors that complicates their application nowadays is examined in this paper.*

*As is generally known, due to the low nominal tension of super-capacitors, their application takes place at their successive connection. At production of super-capacitors there is some variation of parameters for capacity. In this connection there is a problem of different speed of charging the super-capacitors, namely, there is probability of recharging of a super-capacitor that can cause its hasp. The necessity appears to limit the super-capacitors voltage at charging. For verification of theoretical in-*

formation the simulation of charging the successively connected super-capacitors is carried out in the Multisim software.

In the paper the key steps of designing the scheme of the device are considered to limit the voltage of super-capacitors that will be the active balancing. The calculation of basic parameters of this balancing is presented. To confirm the serviceability of the proposed scheme, the simulation is carried out for successively connected super-capacitors with application of the developed active balancing. The results of the carried out simulation are described. For demonstrative presentation of the principle of operation of the active balancing at simulation, the oscillograms of voltages for internal circuit nodes are additionally shown out. To prove the importance of the correct calculation of parameters of the scheme, simulation has been carried out for incorrectly chosen parameters of the active balancing. Description and analysis of results of this simulation are given.

The efficiency of solving the problem of charging the successively connected super-capacitors is considered in conclusion. The question of reliability and energy efficiency of applying the modules of super-capacitors is described. The present paper allows for revealing the issue of accelerating the implementation of applying the super-capacitors as energy accumulators.

**Ключевые слова:** активная балансировка, суперконденсатор, ток балансировки, моделирование, Multisim.

**Keywords:** active balancing, super-capacitors, current of balancing, simulation, Multisim.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-41-46

УДК 621.391

*К. В. Шишаков*, кандидат физико-математических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*K. V. Shishakov*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*М. А. Бояришинов*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. A. Boyarshinov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*П. В. Караваяев*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*P. V. Karavaev*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

*А. С. Батулин*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. S. Baturin*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

*А. В. Савельев*, доктор технических наук, профессор, АО «Сарапульский радиозавод» (*A. V. Savelyev*, DSc in Engineering, Professor, Executive Director of JSC “Sarapul Radioworks”)

**Расчет и повышение эффективности основных параметров радиолиний с укороченными вибраторными антеннами КВ- и УКВ-диапазонов (Analysis and Improvement of the Effectiveness of General Quantities of the Radio Links with Short Vibrator Antennas for Shortwave and Ultra-Shortwave Bands)**

*Влияние приемопередающих антенн остается основным из факторов, определяющих эффективность радиолинии. В статье выполнен расчет параметров полуволновых и укороченных симметричных вибраторных антенн. Рассмотрен расчет параметров укороченных штыревых антенн и факторы повышения их эффективности. Предложены способы повышения эффективности укороченных антенн: использование системы противовесов для уменьшения сопротивления потерь; применение согласующих индуктивностей, утолщение антенны и добавление концевой емкости на верхний конец штыря для уменьшения реактивной составляющей входного сопротивления антенны. Вместе с этим на практике особенно важное значение следует придавать вопросам юстировки и настройки укороченных антенн и их согласующих устройств. Приведен пример моделирования укороченной антенны в программе MMANA.*

*The transceiving antennas influence is still the main of the factors responsible for the effectiveness of the radio link. The paper presents the calculations of the quantities of the half-wavelength and short dipole antennas. The analysis of the short pin antennas quantities and the factors of the improvement of their effectiveness is considered. The approaches to increase the efficiency of short antennas are initiated: use of the counterbalance system for loss resistance reduction; implication*

*of comparison inductance, antenna thickening and addition of an end-container to the top tip pin for reactive component reduction of the antenna input resistance. Therewith in practice it is necessary to attach the most important significance to the alignment and setting issues of short antennas and their matching units. An example of the short antenna simulation in the program MMANA is provided.*

**Ключевые слова:** антенна, коэффициент усиления, коэффициент отражения, диаграмма направленности, входное сопротивление, поляризация.

**Keywords:** antenna, gain, reflection coefficient, directional pattern, input impedance, polarization.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-47-51

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 658.5.011 + 658.512.8

*А. В. Вожяков*, кандидат технических наук, ПАО «Мотовилихинские заводы» (*A. V. Vozhakov*, PhD in Engineering, JSC «Motovilikhinskiye zavody»)

*М. Б. Гитман*, доктор физико-математических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (*M. B. Gitman*, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Perm National Research Polytechnic University)

*В. Ю. Столбов*, доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (*V. Yu. Stolbov*, DSc in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University)

### **Задача синхронизации материальных потоков в мелкосерийном производстве (Problem of Synchronization of Material Flows in Small-Scale Production)**

*Рассматривается математическая задача синхронизации материальных потоков в мелкосерийном производстве, приводится постановка задачи, критерии оптимизации и демонстрационный пример. Предлагается использовать лучшие практики подходов Lean и QRM в применении к мелкосерийному производству с учетом специфики. Рассматривается подход к оптимизации работы производства путем создания модуля синхронизации материальных потоков в соответствии с математической постановкой задачи синхронизации производства. В качестве критериев используются критерий максимизации приоритетов текущих заказов и критерий приоритезации работ с минимальным планируемым временем начала работ. Рассмотрен тестовый пример, наглядно демонстрирующий принцип работы синхронизированной системы управления производством в условиях постоянно меняющихся условий производства. Для демонстрации работы системы выбрано виртуальное производство, состоящее из пяти производственных участков. Использование синхронизированной системы управления производством позволило получить прибыль от выполнения заказов на 30 % выше, чем без применения. Если оценить уровень незавершенного производства, и время, и количество замороженных средств, то станет очевидно, что применение синхронизированной системы управления позволяет со временем снизить и другие прямые и косвенные затраты, что еще более позитивно отразится на чистой прибыли предприятия.*

*Модуль синхронизации производства рассматривается как дополнительный модуль ERP-системы, встраиваемый в уже существующую ERP.*

*The paper considers the mathematical problem of synchronization of material flows in small-scale production, the statement of objectives, optimization criteria and the demonstrative example are presented. It is proposed to use the best practices of Lean and QRM approaches as applied to small-scale production, taking into account its specifics. An approach to optimization of production, by creating a module synchronization of material flows, in accordance with the mathematical statement of the problem of production synchronization is considered. The criterion of maximizing*

*the priorities of current orders and criteria for prioritization of work with minimal planned start time are used. The test case is considered that illustrates the principle of a synchronized system of production management in ever-changing production conditions. To demonstrate the system operation, the virtual production has been selected that consists of five production sites. Application of the synchronized system of production management allowed to profit from the execution of orders by 30% higher than without it. If you assess the level of work in progress, and the time and the amount of frozen assets, it becomes obvious that the use of a synchronized control system allows you to reduce the time and other direct and indirect costs, thus positively affecting the net profit of the enterprise.*

*The synchronization production module is considered as an additional module of the ERP-system built into the existing one.*

**Ключевые слова:** материальный поток, оптимизация, система изготовления деталей по потребностям выпуска, мелкосерийное производство, подходы Lean и QRM, система ERP.

**Keywords:** material flow, optimization, pull system, small-scale production, Lean, QRM, ERP.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-52-59

УДК 62-523.2:004.896

*Р. А. Ганин*, АО «Кронштадт Технологии», г. Санкт-Петербург (*R. A. Ganin*, Engineer, JSC «Kronshtadt Technologies», Saint-Petersburg)

*Д. В. Казунин*, доктор технических наук, доцент, АО «Кронштадт Технологии», г. Санкт-Петербург (*D. V. Kazunin*, DSc in Engineering, Associate Professor, JSC «Kronshtadt Technologies», Saint-Petersburg)

### **Сравнительный анализ динамических моделей систем подвижности тренажеров автотранспорта и спецтехники (Comparative Study of Dynamic Models of Vehicle Simulator Motion Platform)**

*Актуальным направлением разработки систем подвижности тренажеров автотранспорта и спецтехники является совершенствование алгоритмов управления системой подвижности, что позволяет значительно улучшить качество воспроизведения акселерационных воздействий на рабочем месте оператора. В большинстве случаев применяется простой и надежный кинематический подход к управлению платформой, подразумевающий решение обратной задачи кинематики в режиме реального времени. Регулятор в данном случае декомпозируется на локальные системы управления приводами звеньев, отрабатывающие в следящем режиме рассчитанные положения входных звеньев механизма. Локальные системы автоматического регулирования для электромеханических приводов строятся по принципу подчиненного управления параметрами исполнительного двигателя. Однако данный принцип не обеспечивает требуемого качества управления при наличии таких внешних факторов, как превышение номинальной нагрузки на валах двигателей, высоко расположенный центр масс объекта на подвижном основании, нелинейности регуляторов системы управления приводом. В таком случае улучшение показателей качества системы возможно за счет применения более сложных алгоритмов, учитывающих динамику объекта. В статье проведен сравнительный анализ моделей систем управления трехстепенной динамической платформы подвижности тренажера автотранспорта и спецтехники с целью последующего синтеза регулятора. Выведены уравнения обратной и прямой задач кинематики, уравнения прямой задачи динамики, описаны допущения, принятые при составлении уравнений. В соответствии с полученными уравнениями построены упрощенная и полная динамическая модели системы управления платформой. По имеющимся данным, поступающим от математической модели техники, подобраны тестовые входные воздействия для исследования переходных и установившихся процессов. На основе результатов моделирования сделаны выводы о применимости упрощенной и полной моделей при анализе и синтезе систем управления динамическими платформами.*

*Improvement of motion platform control algorithms is an actual problem of modern vehicle simulators development, which solution may significantly increase the reproducing quality of mo-*

tion effects at the operator workplace. For general purposes, the simple and robust kinematic approach to control the platform is implemented; it implies the solution of the inverse kinematic task in real-time modes. The controller in this architecture is decomposed to separate local systems of controlling the drives of elements that produce the calculated positions of input elements of the mechanism in the tracking mode. Local systems of computer-aided regulation for electric mechanical drives are designed according to the principle of subordinate control of parameters of the actuating motor. However, such architecture is ineffective in case of significant motor loads, high center of gravity position and nonlinear behavior of local drive controllers. For these cases, system performance can be improved with more complicated algorithms, which consider platform dynamics. In this paper, the dynamic models of 3DOF motion platform of vehicle simulator are studied for the purposes of controller synthesis. The obtained equations of inverse and direct kinematics and direct dynamics equations are discussed. According to the obtained equations, the simplified and complete dynamic models of the system for platform control are developed. Using the information available due to the mathematical model of the device, testing input effects are selected for investigating the transient and stationary processes. Based on computer simulation, common recommendations about using simplified or full dynamic model in synthesis and analysis of control system are given.

**Ключевые слова:** система подвижности, динамическая модель, контроллер движения, тренажерный комплекс.

**Keywords:** motion platform, dynamic model, motion controller, simulator complex.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-60-65

УДК 338.27

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

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

*Т. Н. Иванова*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*T. N. Ivanova*, Student, Kalashnikov ISTU)

### **Расчет эффективности управления проектно-изыскательской организацией с помощью прикладных программ (Calculation of Effective Management of the Design and Survey Organization by Means of Application Programs)**

*В современных условиях проблема повышения эффективности управления строительной компанией является наиболее актуальной для многих коммерческих организаций, осуществляющих инвестиционную деятельность на территории Российской Федерации. Очень часто руководители не обладают своевременной, достоверной и полной информацией, позволяющей принимать взвешенные и обоснованные управленческие решения в сфере долгосрочного инвестирования. Использование организацией комплексной методики оперативного финансового планирования, именуемой бюджетированием, является безусловным конкурентным преимуществом, позволяющим повысить результативность управления и рыночную стоимость компании. Капитальный бюджет как инструмент реализации инвестиционной стратегии предприятия имеет важное значение в процессе принятия оперативных и стратегических управленческих решений, эффективного управления ресурсами и достижения конечного финансового результата. Интегрированный подход к управлению проектами невозможен без создания системы инвестиционного планирования и бюджетирования, необходимой для их успешной реализации.*

*В системах управления современными строительными предприятиями автоматизированные процедуры информационного процесса интегрированы с функциями управления. Наряду со своими основными функциями, их непосредственно выполняет управленческий персонал. Поэтому современные экономисты и менеджеры должны обладать не только профессиональными знаниями, непосредственно относящимися к их специальности, но и владеть современными методами обработки данных на компьютерах.*

*В статье проанализировано применение программных продуктов для управления бюджетом в проектно-изыскательской организации и оценки принятых решений при разработке проектов нового строительства и реконструкции.*

*Доказана экономическая эффективность внедрения новых программных продуктов (nanoCAD, 1С: Управление строительной организацией, Альт-Инвест Строительство) в процесс работы проектно-изыскательской организации на основе сравнения ее прибыли до и после внедрения нового программного обеспечения.*

*In modern conditions the problem of improving the effective management of a construction company is the most urgent for many commercial organizations which are carrying out investment activity in the territory of the Russian Federation. Very often heads don't possess the timely, reliable and full information allowing to make the weighed and reasonable administrative decisions in the sphere of long-term investment. When the organization applies the complex technique of operational financial planning called as budgeting, it is the unconditional competitive advantage allowing to improve the effectiveness of management and market value of the company. The capital budget as the instrument of realization of investment strategy of the enterprise is important in the course of adoption of operational and strategic administrative decisions, effective management of resources and achievement of the final financial result. An integrated approach to project management is impossible without creation of the system of investment planning and budgeting necessary for their successful realization.*

*In control systems of the modern construction enterprises the automated procedures of information process are integrated with functions of management. Along with the main functions, they are directly carried out by administrative personnel. Therefore, modern economists and managers have to possess not only the professional knowledge which is directly related to their specialty but also to own modern methods of data processing on computers.*

*Use of software products for budget management in the design and survey organization and estimates of the made decisions is analyzed in case of project development of a new construction and reconstruction.*

*Economic efficiency of introduction of new software products is proved (nanoCAD, 1С: Management of the construction organization, Alt-Invest Construction) in process of work of the design and survey organization on the basis of comparison of its profit before introduction of the new software.*

**Ключевые слова:** экономическая эффективность, бюджетирование, проектирование, управление, планирование, nanoCAD, 1С: Управление строительной организацией, Альт-Инвест Строительство.

**Keywords:** cost efficiency, budgeting, designing, management, planning, nanoCAD, 1С: Management of the construction organization, Alt-Invest construction.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-66-69

УДК 332.14

*И. Б. Иванова, кандидат экономических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (I. B. Ivanova, PhD in Economics, Kalashnikov ISTU)*

*Т. Н. Иванова, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (T. N. Ivanova, Student, Kalashnikov ISTU)*

**Формирование системы показателей для выбора тампонажных растворов с использованием метода экспертных оценок (Formation of System of Indicators for the Choice of Grouting Solutions by Expert Assessment Method)**

*В условиях современного рынка успех развития и роста компании во многом зависит от работы маркетолога, от правильно выбранной маркетинговой стратегии. Для решения основной проблемы повышения эффективности управления проектно-изыскательской организацией нужно прорабатывать каждую составляющую будущего проекта.*

*Анализ маркетинговой среды и оценка рыночных возможностей организации осуществляются в ходе комплексных маркетинговых исследований рынка, цель которых со-*

стоит в сборе информации о рынке и ее изучении для совершенствования процесса разработки и сбыта товаров. Маркетинговые исследования рынка являются обязательным условием успеха товаров, предлагаемых на рынке. Они эффективны в том случае, когда рассматриваются не только как процесс получения труднодоступной коммерческой информации, но и как средство, обеспечивающее руководство организации аналитическими выводами об изменениях маркетинговой среды с целью улучшения возможностей системы управления.

Маркетинговое исследование строительного рынка напрямую связано с управлением ресурсами проекта. Грамотно построенная стратегия маркетинга является обязательным условием успешного управления ресурсами строительства. В проектно-изыскательской организации, занимающейся строительством на просадочных грунтах, одним из самых важных и значимых разделов любого проекта нового строительства или реконструкции является проектирование фундаментов, усиление грунтов.

В статье описана процедура формирования системы показателей для оценки и выбора тампонажных цементных составов при строительстве на просадочных грунтах с использованием метода экспертного опроса. Этот метод позволяет выявить мнение специалистов по исследуемой проблеме, проранжировать какие-либо признаки и определить степень важности. Для каждого показателя рассчитан коэффициент весомости. С помощью рассчитанного коэффициента весомости определим степень значимости конкретного показателя для оценки качества.

*In today's market, the success of the development and growth of a company largely depends on the work of the marketer, and on the correctly chosen marketing strategy. To solve the basic problems of increasing the efficiency of management of the design and survey organization, you need to work out every component of the future project.*

*Analysis of the marketing environment and assessment of market opportunities of the organization is carried out in the course of comprehensive market research, the purpose of which is to collect information about the market and its study to improve the process of products developing and marketing. Marketing researches of the market are essential for the success of the products offered at the market. They are effective when they are considered not only as the process of obtaining hard-commercial information, but also as a means of achieving the leadership of the organization by analytical conclusions about the marketing environment changes to improve the management capabilities of the system.*

*Marketing research of the construction market is directly related to the management of the project resources. The well-built marketing strategy is a prerequisite for successful resource management of construction. In design and survey organizations, involved in construction on collapsible soils, one of the most important sections of any project of new construction or renovation is the design of foundations, and strengthening of soils.*

*The paper describes the procedure for the formation of a system of indicators for the evaluation and selection of oil-well cement compositions at building on collapsible soils using the method of expert survey. This method allows for revealing the opinion of experts on the researched topic, ranking any features and determining the degree of importance. The weight factor is calculated for each indicator. By using the calculated weight factor the degree of importance for a particular indicator for quality assessment is defined.*

**Ключевые слова:** тампонажные цементные растворы, метод экспертных оценок, коэффициент конкордации, критерий Пирсона, коэффициент весомости.

**Keywords:** grouting cement slurry, method of expert assessment, coefficient of concordance, Pearson criterion, weight factor.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-70-73

УДК 681.5.011; 621.9.048.4

*А. А. Имангулова*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. A. Imangulova*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

*Р. А. Рудин*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*R. A. Rudin*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

*К. А. Горбунова*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*K. A. Gorbunova*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

### **Расширение функциональных возможностей стенда для проведения ускоренных испытаний подшипниковых опор (Widening the Functional Scope of the Stand for Accelerated Tests of Bearing Supports)**

*Статья посвящена проблеме расширения функциональных возможностей стенда для проведения ускоренных испытаний подшипниковых опор. В данной работе описывается функциональная схема стенда, изготовленного на кафедре «Мехатронные системы». Были предложены двигатель, передача, которые используются на стенде. Рассмотрены задачи, которые необходимо решить с помощью изготовленного стенда. Основной задачей является автоматизация процесса испытания и упрощение накопления и обработки экспериментальных данных. В стенде для визуализации результатов экспериментального исследования применяется жидкокристаллический индикатор ЖКИ, но информации об эксплуатационном цикле подшипника ЖКИ явно недостаточно. Для решения этого вопроса предложено в функциональную схему стенда включить три системы: информационную (блок сенсорных устройств, тепловизор и ИДНС), энергоэлектронную (силовые полупроводниковые преобразователи) и электромеханическую (содержит электромеханические преобразователи). Предложенная информационная подсистема позволяет расширить функциональные возможности стенда. Каждая система подробно описана. Данная схема системы представлена в статье. Для определения количества циклов нагружений, вибраций, для измерения величины радиальной составляющей вибрации наружного кольца подшипника, температуры, в зависимости от диапазона рабочей температуры, предложено выбрать датчики, удовлетворяющие нашим требованиям. Стенд может имитировать циклы нагружения методом ускоренных испытаний. Оценка влияния выбранных факторов на долговечность подшипникового узла проводится на основе результатов, полученных в соответствии с планом эксперимента. В данной статье рассмотрен один из методов, это метод Локати. Рассмотрены причины погрешностей данного метода. При использовании метода Локати получают несколько завышенные результаты, но наиболее близкие к действительным значениям.*

*The paper is devoted to the problem of widening the functional scope of the stand for carrying out the accelerated tests of bearing supports. The functional scheme of the stand produced at the "Mechatronic systems" department is described. A certain engine and gear are proposed to be used in the stand. Problems to be solved by means of the produced stand are considered. The main problem is the automatization of the testing process and simplifying the accumulation and processing of experimental data. To visualize the results of experimental research, the stand includes the liquid crystal display (LCD), but there is insufficient information on the operational cycle of the LCD bearing. To solve this problem, it is proposed to include three systems into the functional scheme of the stand: information (block of sensor devices, thermal imaging device and IDNS), energy electronic (power semi-conductor transducers) and electric mechanic (containing electric mechanic transducers). The proposed information sub-system allows for widening the functional scope of the stand. Each system is described in details. In order to determine the number of loading cycles, vibrations, to measure the value of the radial component of vibration for the outer bearing ring, the temperature depending on the range of operating temperatures, it is proposed to choose the sensors that meet our requirements. The stand can imitate the loading cycles by the method of accelerated tests. Assessment of the influence of the chosen factors on durability of the bearing unit is carried out based on the results obtained in accordance with the plan of experiments. The paper considers one of the methods – the Locati method. Causes of errors for this method are considered. When applying the Locati method, a little uprated results are obtained, but they are the closest to the actual values.*

**Ключевые слова:** функциональная схема управления стандом, анализ экспериментальных данных, вибрационный анализ подшипников, ускоренные испытания подшипников, метод Локати.

**Keywords:** functional scheme, stand control, analysis of experimental data, vibration analysis of bearings, accelerated tests of bearings, Locati method.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-74-77

УДК 004.9

*И. В. Матвеева*, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. V. Matveyeva*, Senior Teacher, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

### **Проектирование информационно-аналитического портала «Виртуальный бизнес-инкубатор» (Projecting the Information-analytical Portal «Virtual Business Incubator»)**

*В статье представлены результаты проведенного анализа инфраструктурной поддержки малого и среднего предпринимательства в России, который показал, что существуют определенные проблемы информационного взаимодействия между институтами поддержки и малыми и средними предприятиями.*

*Автором предложено решение указанных проблем, которое основано на создании информационно-аналитического портала «Виртуальный бизнес-инкубатор». Основное назначение предлагаемого портала заключается в автоматизации информационно-аналитических процессов взаимодействия институтов поддержки и субъектов малого и среднего предпринимательства. В рамках проектирования портала подразумевается разработка четырех информационно-аналитических блоков в разрезе каждого института инфраструктурной поддержки.*

*Первый блок включает в себя основную информацию о соответствующем институте поддержки; во втором блоке представлены направления, оказываемые институтом поддержки в рамках инфраструктурной поддержки малого предпринимательства; третий блок предназначен для субъектов малого и среднего предпринимательства и содержит в себе всю необходимую информацию о получаемой инфраструктурной поддержке со стороны института поддержки; в четвертом блоке представлены результаты деятельности института поддержки в рамках оказания инфраструктурной поддержки.*

*Результатами создания информационно-аналитического портала «Виртуальный бизнес-инкубатор» будут: 1) создание единой информационной базы всех функционирующих институтов поддержки по всем регионам, что позволит следить за показателями развития инфраструктурной поддержки; 2) функционирование принципа «обратной связи» между институтами поддержки и субъектами малого и среднего предпринимательства благодаря автоматизации передачи отчетных данных и созданию «диалогового окна» обмена необходимой информацией.*

*The paper presents the results of the analysis of infrastructure to support small and medium-sized businesses in Russia, which showed that there are some problems of information exchange between institutions and support for small and medium enterprises.*

*The author provides a solution to these problems, which is based on the creation of information-analytical portal "Virtual Business Incubator". The main purpose of the proposed portal is to automate the information and analytical support processes of interaction of institutions and small and medium-sized businesses. Within the design of the portal, the development of four information-analytical units in the context of each institute infrastructure support is implied. The first block includes the basic information on the respective institute support; the second block presents directions provided by the Institute support through infrastructural support of small business; the third block is designed for small and medium-sized businesses, and it contains all the necessary information about the received infrastructure support from the support of the Institute; in the fourth section the results of the support activities of the Institute in the framework of the provision of infrastructure support are presented.*

*The results of the creation of information-analytical portal «Virtual Business Incubator» will be: 1) the creation of a common information base of functioning institutions of support in all regions,*

which will monitor the performance of infrastructure support; 2) the operation of the «feedback» principle of between the institutions and the support of small and medium-sized enterprises due to automation of the reporting data transfer and creation of a dialog exchange of relevant information.

**Ключевые слова:** субъекты малого и среднего предпринимательства, инфраструктура поддержки, информационно-аналитический портал, институты инфраструктурной поддержки, виртуальный бизнес-инкубатор.

**Keywords:** small and medium-sized businesses, infrastructure support, information-analytical portal, infrastructure support institutions, virtual business incubator.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-78-81

УДК 623.53

С. Г. Селетков, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (S. G. Seletkov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

### **Анализ решений задач промежуточной баллистики (Analysis of Solutions of Intermediate Ballistics Problems)**

*В статье автор анализирует состояние проблем расчета процессов, имеющих место в период последействия, и определения эффективности устройств, работающих в этот период. Рассматриваются методики расчета, построенные на аналитических зависимостях, и численные методики; указываются особенности, которые требуется учитывать при использовании решений в квазистационарной или в нестационарной постановке. В статье подчеркивается необходимость учитывать при расчете параметров течения наличие фазы установления, в продолжение которой наблюдается движение в газопроводе ударных волн и волн разряжения, а также изменение под действием термодинамических и волновых процессов положения критических сечений течения потока, образование циркуляционных и застойных зон, других нестационарных газодинамических явлений. Указанные процессы играют существенную роль при образовании дульных ударных волн и пламенности выстрела, что во многом определяет качество настольных устройств ствольного оружия.*

*In this paper the author examines the problems of calculation of processes specific for the period of aftereffect and of determining the effectiveness of devices that are operating during this period. Calculation techniques designed by analytic relations and numerical techniques are considered. Features are shown that should be considered when applying the solutions in quasi-stationary or non-stationary statements. The paper emphasizes that it is necessity to consider the presence of the setting phase when calculating the flow parameters; during this phase the following phenomena are observed: motion of impact waves and depression waves in the gas pipe, variation of the position of critical sections of the flow under the action of thermo-dynamic and wave processes; generation of circulation and stagnation zones; and other non-stationary gas dynamic phenomena. The pointed processes are of essential importance in generation of muzzle impact waves and shot ardour, thus determining the quality of upper barrel devices of the barrel-type guns.*

**Ключевые слова:** промежуточная баллистика, расчет импульса отдачи, период последействия, определение эффективности гашения отдачи.

**Keywords:** intermediate ballistics, recoil impulse calculation, aftereffect period, determining the effectiveness of damping impact.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-82-84

УДК 004.932.2

М. А. Тарасова, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (M. A. Tarasova, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

### **Идентификация локальных повреждений на кузове автомобиля с целью определения одновременности их образования (Identification of Local Damages on the Car Body to Determine the Simultaneity of Their Formation)**

*В настоящее время происходит активное внедрение компьютерных методов и средств в экспертную деятельность. Использование компьютерных технологий в области экспертных исследований позволяет объективно, качественно и с меньшими временными затратами производить экспертные исследования технического состояния кузова автомобиля. В статье предложен программно-аппаратный комплекс оценки повреждений кузова автомобиля для сравнительного анализа идентификации одновременности образования повреждений на кузове автомобиля, на основании которого может быть принято решение о принадлежности механических повреждений к данному ДТП. Особенностью комплекса является определение одновременности возникновения очагов коррозии по характерному изменению цвета поврежденной поверхности кузова автомобиля. В отличие от существующих аналогов программно-аппаратный комплекс обладает большей скоростью проведения экспертизы, не нужно сопоставлять контактирующие поверхности, проводить трассологическое исследование, устанавливать сроки давности между моментом ДТП и назначением экспертизы.*

*Currently there is an active introduction of computer methods and tools in the expert activity. The use of computer technology in the field of expert studies can objectively, efficiently and with less time produce an expert research of a technical condition of the car body. The paper proposes a hardware-software complex for damage assessment of a car body for comparative analysis of identification of simultaneous formation of damage to the vehicle on the basis of which the decision can be made whether the mechanical damage belongs to this accident or not. The feature of the complex is the definition of simultaneity of corrosion occurrence on the typical color change of the damaged surface of the car body. In contrast to the existing analogues, the software and hardware complex has a higher speed of examination, it is not necessary to map the surface of contact, to perform an investigative study to establish the statute of limitations between the time of the accident and the examination appointment.*

**Ключевые слова:** повреждения кузова автомобиля, автотехническая экспертиза, программно-аппаратный комплекс, ДТП.

**Keywords:** damage to the body of the car, autotechnical expertise, software and hardware, accident.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-85-86

УДК 673.6.0

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

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

### **Методы контроля соединений с композитом (Methods for Research of Joints with Composite Materials)**

*В данной научной статье проведен анализ различных методов неразрушающего контроля для обоснования их применения в качестве инструмента исследования прочности клеевых соединений с композиционными материалами. Приведены прочностные свойства соединений с натягом, в зону сопряжения которых введены композиты, с плохо изученными адгезионными свойствами, проведены серии контрольных экспериментов на основе неразрушающих и разрушающих методов, дана оценка напряженному состоянию сопряжения и прилегающих к ней слоев. Необходимые свойства клеевого соединения зависят от множества факторов, одним из которых является взаимодействие с особыми участками склеиваемых поверхностей; другой – среднее значение контактного давления, которое требуется для максимального прилегания поверхностей.*

*Независимо от конструктивных параметров (соединение с зазором или соединение с натягом) способ сборки обеспечивает гарантированное заполнение пространства между сопрягаемыми деталями композиционным материалом, подаваемым в зону сопряжения различными способами. Для обеспечения дальнейшего применения соединений необходимо установить взаимосвязь прочности, определенной экспериментально, и показаний приборов при*

неразрушающем методе контроля. Такой подход позволит расширить область применения как клеевых соединений, так и соединений с прослойкой из наноструктурированного компаунда. Сборка соединений может осуществляться при относительном смещении собираемых деталей в условиях жидкостного трения, обеспеченного материалом клеевого компаунда.

Проведен выбор наиболее оптимального, с точки зрения практики, метода контроля клеевых соединений с натягом с композиционной прослойкой. Показано преимущество метода введения сегнетоэлектрических добавок в клеевой слой для оценки прочностных характеристик клеевых соединений при использовании акустоэлектромагнитного метода.

*This scientific paper deals with the analysis of various non-destructive testing methods in order to justify their application as the tool for investigating the strength of adhesive joints in composite materials. Strength characteristics are given for the press-fit joints with composites having poorly studied adhesive properties. A number of test experiments is carried out by destructive and non-destructive methods; the stressed state of the joint area and its adjacent areas is assessed. Necessary properties of the adhesive joint depend on the variety of factors, one of them is the interaction with specific areas of the adhesive surfaces, the other one is the average value of contact pressure that is required for the maximum contact of surfaces.*

*Independently on the design parameters (clearance joint or press-fit joint), the assembly method provides for the guaranteed filling of the space between contacting parts by the composite material supplied into the contact zone by various methods. In order to provide the further application of joints, it is necessary to establish the interaction between the strength that is determined experimentally and readings of devices at non-destructive testing. Such an approach will allow for extending the application area of both adhesive joints and joints with the layer of nano-structured composite. The assembly of joints can be carried out at a relative shift of the parts to be assembled under liquid friction provided by the adhesive composite.*

*The method for controlling the adhesive press-fit joints with the composite layer which is optimal from the practical point of view has been chosen.*

*The advantage of the method for introducing the ferroelectric additives into the adhesive layer is shown when assessing the strength characteristics of adhesive joints at application of the acoustic electromagnetic method.*

**Ключевые слова:** соединение, прочность, адгезия, велосимметрический метод, импульсный акустический метод, сплошность, корреляция, сегнетокерамика.

**Keywords:** joint, strength, adhesion, cyclic symmetrical method, pulse-acoustic method, continuity, correlation, ferroelectric ceramics.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-87-90

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 25.00.17

*М. Н. Баранов*, магистрант, Удмуртский государственный университет (*M. N. Baranov*, Master's Degree Student, Udmurt State University)

*Т. Н. Иванова*, доктор технических наук, доцент, Чайковский филиал ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (*T. N. Ivanova*, DSc in Engineering, Associate Professor, Tchaikovsky branch of Perm National Research Polytechnic University)

*Д. Н. Новокионов*, магистрант, Удмуртский государственный университет (*D. N. Novokshonov*, Master's Degree Student, Udmurt State University)

**Технологическая эффективность внедрения одновременно-раздельной эксплуатации объектов (Technological Efficiency of Implementation of Dual Completion of Objects)**

*Нефти Удмуртии характеризуются как трудноизвлекаемые, с повышенной вязкостью, высоким содержанием парафина и смол. Большинство разрабатываемых месторождений ОАО «Удмуртнефть» на сегодняшний день находятся на третьей и четвертой стадии разработок. Характерными особенностями данных стадий разработок является высокий*

темпа снижения добычи углеводородов и значительный рост обводненности скважинной продукции. Для увеличения объемов добычи предложена технология одновременно-раздельной эксплуатации объектов добычи нефти (ОРЭ). Внедрение ОРЭ позволит: подключить другие объекты пластов за счет уплотнения сетки без бурения дополнительных скважин и повысить рентабельность добычи; вести раздельный учет добычи нефти по каждому пласту. В работе выявлены критерии эффективности применения технологий одновременно-раздельной добычи нефти глубинно-насосным оборудованием на месторождении ОАО «Удмуртнефть» с высоковязкими нефтями; предложена оценка технологической применимости ОРЭ на месторождении, проведены расчеты технологической эффективности внедрения технологии одновременно-раздельной эксплуатации объектов добычи нефти на месторождении. Доказана целесообразность ее внедрения.

*Oil in the Udmurt Republic is characterized as difficult to extract, with high-viscosity and high content of paraffin and resins. Most of the fields developed by the OJSC "Udmurtneft" are nowadays at the third or fourth stages of development. The specific features of these stages are the high rate of reducing the oil-product extraction and the considerable increase in the water content of the well product. In order to increase the extraction volume, the technique of dual completion of oil extraction objects (WEM) is proposed. Implementation of WEM will allow for involving other objects of shelves due to infilling without drilling the additional wells and increasing the effectiveness of extraction: to account for the oil extraction for each shelf separately.*

*The paper identified the criteria for the effectiveness of technologies of dual completion of oil extraction by downhole pumping equipment in the field owned by OJSC "Udmurtneft" with high-viscosity oil; the assessment of the technological applicability of the WEM in the field is proposed. The technological efficiency of implementing the technology of dual completion of oil extraction objects in the field is calculated. The feasibility of its implementation is proved.*

**Ключевые слова:** одновременно-раздельная эксплуатация, установки ЭЦН-ШГН с паке-рами, объект, месторождение, технологическая эффективность.

**Keywords:** dual completion, installation of ESP, SRP with packers, object, field, technological efficiency.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-91-95

УДК 620.193.21

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

*З. С. Саидова*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*Z. S. Saidova*, Student, Kalashnikov ISTU)

### **Методика определения степени отверждения арматуры композитной полимерной (Method for Calculating the Degree of Cure of Fiber Reinforced Polymer)**

*В данной статье представлена методика определения степени отверждения пропиточного компаунда полимерной композитной арматуры, разработанная и утвержденная специалистами компании ООО «КомАР». Подробно описан процесс подготовки образцов и проведения испытаний. На основании данной методики в лаборатории ООО «НИИ «Стройлаб» проведены сравнительные испытания по определению степени отверждения стеклопластиковой композитной арматуры различных производителей. В качестве образцов использовали стержни диаметром 10 мм. Полученные в ходе испытаний результаты подтверждают особое прикладное значение данной характеристики при выборе типа арматуры для работы в агрессивных условиях, а также при непосредственном воздействии солнечной радиации. Установлено, что для обеспечения долговечности композитного изделия его степень отверждения должна быть не менее 95 %.*

*In this paper the method for determining the degree of cure of the fiber reinforced polymer is described. The method is developed by specialists of KomAR ltd. The process of preparing the samples and carrying out the experiments is precisely described. Based on this method, the experiments have been performed in "NII Stroylab ltd" aimed at comparing the degree of cure of the fiber rein-*

*forced polymer of different manufacturers. Rods having the diameter 10 mm have been used as samples. Results obtained at testing prove the specific applied value of these characteristics when choosing the type of reinforcement for operation in aggressive environment and at direct action of UV radiation. It has been noted that the minimum allowed degree of cure to withstand the aggressive environments and UV- radiation should be 95%.*

**Ключевые слова:** арматура стеклопластиковая композитная, степень отверждения, растворение в экстрагентах, ацетон.

**Keywords:** GFRP, degree of cure, decomposition in extraction solvents, acetone.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-96-98

УДК 624.138.24:666.942.5

*А. Н. Гуменюк*, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. N. Gumenyuk*, Student, Kalashnikov ISTU)

*Т. Н. Иванова*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*T. N. Ivanova*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

*Д. В. Агаев*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*D. V. Agaev*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

*П. А. Тайбахтина*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*P. A. Taibakhtina*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

*В. В. Турчин*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. V. Turchin*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*С. В. Сычугов*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. V. Sychugov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*Л. В. Юдина*, кандидат технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*L. V. Yudina*, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

**Исследование сульфатостойкости цементно-песчаных тампонажных растворов в условиях пониженных температур, содержащих добавку микрокремнезема и углеродных нанотрубок (Research of the Sulphate Resistance of Cement-Sand Grouts Containing Silica-Fume and Carbon Nano-Tubes Additives Under Low Temperature Conditions)**

*Исследовано влияние добавок углеродных нанотрубок и микрокремнезема на сульфатостойкость тампонажных цементно-песчаных растворов в условиях комнатных и пониженных температур. Установлено, что добавка суспензии углеродных нанотрубок марки «Fulvec 100» совместно с микрокремнеземом марки МК-85 позволяет сохранить коррозионную стойкость цементно-песчаного тампонажного раствора в агрессивных условиях в возрасте 30 суток при температурах 20 и 5 °С.*

*Механизм действия комплексной добавки заключается в способности микрокремнезема связывать свободную известь, выделяющуюся в результате гидратации твердых растворов цементного клинкера, а углеродных нанотрубок – в создании армирующего эффекта.*

*Микрокремнезем исключает возможность образования первичного этtringита и способствует образованию фаз CSH (I), что подтверждено ИК-спектральным анализом. Углеродные нанотрубки заполняют поровое пространство и выступают в качестве центров кристаллизации, на поверхности которых адсорбируются фазы CSH (I). За счет действия добавок повышается плотность цементного камня, а образцы не разрушаются в агрессивной среде.*

*Оптимальное содержание добавок микрокремнезема и углеродных нанотрубок в составе тампонажного раствора соответственно составляет (в частях от массы вяжущего): 0,05 и 0,0025. Установлено, что введение микрокремнезема улучшает технологические характеристики тампонажного раствора – исключает расслоение смеси при обеспечении требуемой подвижности.*

*The influence of carbon nanotubes and silica-fume to the sulphate resistance of cement-sand grouts under the standard (20 °C) and low temperature ( $\leq 5$  °C) conditions is investigated. It has been established that at the age of 30 days the additive of carbon nanotubes “Fulvec 100” with silica-fume “SF-85” allows for keeping the corrosion resistance of cement-sand grout within aggressive media at standard and low temperature conditions.*

*Silica-fume absorbs the calcium hydroxide as a result of hydration process of cement solid solutions and carbon nanotubes create the "reinforcing" effect. This is a mechanism of complex additive action.*

*Silica-fume excludes the formation of prime ettringite and provides the formation of C-S-H (I) phases. It has been confirmed with IR analysis. Carbon nanotubes fill the pore spaces acting as centers of crystal formation with the C-S-H (I) phases absorbed on their surfaces. The additives increase the density of the cement stone, and the check samples are not destructed in aggressive media.*

*The optimal concentrations of silica-fume and carbon nanotubes in formation of grout are 0.05 and 0.0025 weight per volume accordingly. The addition of silica fume boosts the technological properties of grout, such as the composition homogeneity and it excludes the demixture of mortar at keeping the required consistency.*

**Ключевые слова:** коррозионная стойкость, углеродные нанотрубки, тампонажные растворы, микрокремнезем.

**Keywords:** corrosion resistance, silica-fume, carbon nanotubes, grouts.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-99-104

УДК 681.51(045)

*В. А. Куделькин*, Концерн «Интегра-С», г. Самара (*V. A. Kudel'kin*, Senior Lecturer, Consortium "Integra-S", Samara)

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

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

### **Принципы создания интегрированных систем безопасности критически важных и потенциально опасных объектов (Principles of Developing the Integrated Security Systems of Critical and Potentially Dangerous Objects)**

*На основе обобщенной классификации угроз, воздействующих на цели защиты, показано, что система комплексной безопасности должна функционировать как единая система управления, контроля и мониторинга возможных опасностей. Среди недостатков существующих подходов к построению интегрированных систем безопасности (ИСБ) выделены разрозненность существующей методологической базы к проектированию и реализации ИИСБ и автоматизации выдачи рекомендуемых решений, а также отсутствие единых требований к системам безопасности.*

*С целью повышения физической защищенности критически важных и потенциально опасных объектов (ПОО и КВО) предлагается использовать интеллектуальную интегрированную систему безопасности (ИИСБ), которая характеризуется непрерывным мониторингом по сбору, обработке, документированию (архивированию), передачей информации в едином информационном поле.*

*На основе анализа концептуальной модели обеспечения комплексной безопасности КВО и ПОО сформулированы принципы создания интегрированных систем безопасности: принцип системности, принцип единства информации, принцип иерархичности, принцип свертки информации, принцип постоянного контроля, принцип инвариантности.*

*On the basis of the generalized classification of threats affecting the target's defense, it is shown that the integrated security system should function as a unified system of management, control and monitoring of possible threats. Among the shortcomings of existing approaches to the construction of integrated security systems (ISS) the fragmentation is highlighted for the existing methodological framework for the design and implementation of the IISS and the automation of presenting the recommended solutions, as well as the lack of uniform safety system requirements.*

*In order to improve the physical security of critical and potentially dangerous objects, it is proposed to apply an intelligent integrated security system (IISS), which is characterized by continuous monitoring of the collection, processing, filing (archiving), and transmission of information in a single information field. Based on the analysis of the conceptual model to ensure the comprehen-*

*sive security of critical and potentially dangerous objects, the principles of integrated safety systems are formulated: the system principle, the principle of unity of information, the principle of hierarchy, the principle of data convolution, the principle of continuous monitoring, and the invariance principle.*

**Ключевые слова:** критически важные и потенциально опасные объекты, интегрированные интеллектуальные системы безопасности, принципы построения, системный подход.

**Keywords:** Critically important and potentially hazardous objects, integrated intelligent safety systems, principles of development, system approach.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-105-109

УДК 25.00.17

*Д. Н. Новокшионов*, магистрант, Удмуртский государственный университет (*D. N. Novokshonov*, Master's Degree Student, Udmurt State University)

*М. Н. Баранов*, магистрант, Удмуртский государственный университет (*M. N. Baranov*, Master's Degree Student, Udmurt State University)

*Т. Н. Иванова*, доктор технических наук, доцент, Чайковский филиал ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (*T. N. Ivanova*, DSc in Engineering, Associate Professor, Tchaikovsky branch of Perm National Research Polytechnic University)

### **Повышение надежности колонны насосных штанг в наклонно направленных и горизонтальных скважинах (Reliability Improvement of Sucker-Rod String at Directional and Horizontal Wells)**

*В России свыше 90 % нефтяных скважин эксплуатируются скважинными штанговыми насосными установками (СШНУ). Штанговая колонна является наиболее часто отказывающей единицей насосного оборудования. Повышение надежности колонны насосных штанг СШНУ является актуальным вопросом в процессе добычи нефти. Отказы насосного оборудования приводят к полной остановке скважин, а следовательно, и к потерям нефти. Циклические знакопеременные нагрузки значительно снижают ресурс работы штанг, приводя к преждевременным отказам оборудования. Поэтому необходимо применять современные технические решения, направленные на снижение действия данных нагрузок. В статье рассмотрены особенности работы штанговой колонны в наклонно направленных и горизонтальных скважинах.*

*More than 90 % of oil wells in Russia are operated with the sucker-rod pumping units. A sucker rod string is the most often failing unit of the pumping equipment. Reliability improvement of sucker-rod string is the most important question during operation of wells sucker-rod pumping units. Failures of the pumping equipment lead to the full stop of wells and, therefore, to oil losses. Cyclical reversal loads are reducing the operation life of sucker-rod strings dramatically and cause the timeless failure of the equipment. Therefore, it is necessary to use modern engineering solutions that reduce this reversal loads. In this paper peculiarities of sucker-rod string operation at directional and horizontal wells are considered.*

**Ключевые слова:** СШНУ, колонна насосных штанг, отказ оборудования, наклонно направленные и горизонтальные скважины.

**Keywords:** sucker-rod pumping units, sucker rod string, equipment failure, directional and horizontal wells.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-110-113

УДК 551.506.9+ 551.4.014 +556

*Г. А. Сергеева*, кандидат географических наук, доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону (*G. A. Sergeyeva*, PhD in Geography, Don State Technical University, Rostov-on-Don)

*В. Л. Адамян*, кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону (*V. L. Adamyan*, PhD in Engineering, Associate Professor, Don State Technical University, Rostov-on-Don)

## **Распространение антропогенных селевых потоков в Северо-Кавказском регионе (Abundances of Anthropogenic Mud Flows in the North Caucasus Region)**

*В статье рассмотрены вопросы воздействия хозяйственной деятельности на селевые явления, причины зарождения селевых потоков. Проведен анализ случаев схода собственно антропогенных (техногенных) селевых потоков на территории Северо-Кавказского региона.*

*На территории селевых активностей возможности конструктивного использования селевых потоков проблематичны. Хотя селевые отложения вполне могут использоваться как строительный материал, тем не менее экономический ущерб от селевых потоков несопоставим с эффектом использования отложений.*

*В связи с повышенным интересом человечества к районам проявления селевых явлений появилось понятие «селевая опасность».*

*В статье рассматриваются причины возникновения антропогенных, природно-антропогенных, техногенных селей.*

*Антропогенные сели, итогом которых являются возникновение новых селевых бассейнов, развиваются в районах наибольшей хозяйственной нагрузки на них.*

*В качестве примера возникновения техногенных селей рассматривается Адыгея, Карачаево-Черкесия и Дагестан, где возможность возникновения селей увеличивается прямо пропорционально отвалам горных пород в бассейнах местных рек.*

*Причинами формирования природно-антропогенных селей служат сведение лесов, деградация луговой растительности, вследствие перевыпаса и неразумного сенокосения, нарушенные углы естественных откосов склонов при любого рода строительных работах, неправильная распашка склонов и другая нерациональная эксплуатация горных территорий. Это приводит к усилению эрозии, возрастанию стока наносов, а затем к развитию селевых явлений.*

*Предлагаемая работа, основанная на исследованиях, научно-технических отчетах, обобщающих документах и публикациях отдела высокогорных гидрометеорологических исследований Северо-Кавказского УГМС, данных о селепроявлениях, содержащихся в литературных источниках, а также на архивных и справочных материалах, является попыткой обобщить имеющиеся материалы о селевой деятельности на территории Северо-Кавказского региона.*

*The paper discusses the impact of economic activities on the mud flow phenomenon, and the causes of the origin of mud flows. The analysis of the cases of vanishing actually anthropogenic (man-made) mud flows on the territory of the North Caucasus region.*

*On-site of mud flow activity, the opportunities for constructive use of mud flows are problematic. Although mud deposition may be used as a building material, however, the economic damage from mud flows is not comparable with the effect of sediments.*

*In connection with the increased interest of humanity to areas of manifestations of mud flow phenomena, the concept of "mudflow danger" appeared.*

*The paper discusses the causes of anthropogenic, semi-natural, and man-made floods.*

*Anthropogenic mudslides, the result of which is the emergence of new mud basins, are developing in areas of the greatest economic burden on them.*

*As an example of the appearance of man-made mudflows, Adygea, Karachay-Cherkessia and Dagestan are considered, where the risk of floods is increasing in direct proportion to the piles of rocks in the basins of local rivers.*

*The reasons for the formation of natural-anthropogenic mud flows are the deforestation, the degradation of meadow vegetation due to overgrazing and unreasonable mowing, disturbing the angles of natural slopes in any kind of construction work, improper plowing of slopes and other unsustainable exploitation of the mountain territories. This leads to the increased erosion, increased sediment yield and thus to developing the mudslide phenomena.*

*The proposed work, based on investigations, scientific and technical reports, summarizing documents and publications of the department of high-mountain hydro-meteorological investigations of the North Caucasus, information on mudslide phenomena, and also on archive and reference materials, is the attempt to summarize the available information on mudslide activity in the North Caucasus region.*

**Ключевые слова:** селевые явления, селеформирование, антропогенные (техногенные) сели, природно-антропогенные сели.

**Keywords:** mud flow, mudslide generation, anthropogenic (man-made) mudslides, natural and anthropogenic mud flows.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-114-117

УДК 681.513(045)

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

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

*В. А. Куделькин*, Концерн «Интегра-С», г. Самара (*V. A. Kudel'kin*, Senior Lecturer, Consortium "Integra-S", Samara)

*И. С. Ушаков*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. S. Ushakov*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

### **Модели и методы оценки безопасности критически важных и потенциально опасных объектов (Models and Methods for Safety Assessment of Potentially Dangerous Objects)**

*Статья посвящена исследованию основных подходов в области оценки безопасности потенциально опасных объектов. Рассмотрено определение безопасности потенциально опасного объекта на основе построения интегральной оценки риска, основанное на методологии формирования комплексных оценок.*

*Показано что методы оценки безопасности с помощью комбинации методов экспертной оценки, нечетких множеств и логико-вероятностных методов позволяют успешно оценить безопасность системы защиты потенциально опасных объектов, но практически всегда требуют участия эксперта для оценки ущерба. На основе метода Клементса – Хоффмана, в котором для описания системы защиты с полным перекрытием используются множества угроз, механизмов защиты и объектов защиты, предложена система моделирования и расчета состояния защищенности потенциально опасных объектов. Предложенная система при вводе данных о соответствующих угрозах и средствах защиты может применяться для расчета любого вида защищенности опасных объектов.*

*The paper investigates the main approaches in the field of safety assessment for potentially dangerous objects. Determination of safety assessment for potentially dangerous objects is considered on the basis of developing an integrated assessment of risk by means of the methodology of formation of integrated assessments. It is shown that the methods of safety assessment by combination of peer review methods, fuzzy sets and logic-probabilistic methods can successfully evaluate the safety protection system of potentially dangerous objects, but almost always they require the involvement of an expert to assess the damage. Based on the Clements-Hoffman method, in which a variety of threats, defense mechanisms and protection facilities are used to describe the system of protection with full overlap, the system of modeling and calculating the security of potentially dangerous object is proposed. The proposed system of data entry on the relevant threats and remedies can be used to calculate any kind of security of dangerous objects.*

**Ключевые слова:** потенциально опасный объект, интегральная оценка риска, матрица свертки, система защиты с полным перекрытием.

**Keywords:** potentially hazardous object, integrated risk assessment, convolution matrix, protection system with full overlap.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-118-121

УДК 004.6(045)

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

*Н. В. Соболева*, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (*N. V. Soboleva*, Kalashnikov ISTU)

*В. А. Куделькин*, Концерн «Интегра-С», г. Самара (*V. A. Kudel'kin*, Senior Lecturer, Consortium "Integra-S", Samara)

*М. М. Казанцев*, магистрант, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (*M. M. Kazantsev*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

*Т. Г. Габричидзе*, доктор технических наук, Концерн «Интегра-С», г. Самара (*T. G. Gab-richidze*, DSc in Engineering, Consortium "Integra-S", Samara)

### **База данных средств физической защиты потенциально опасных объектов (Database of Physical Protection of Potentially Hazardous Objects)**

*Эффективность построения системы физической защиты потенциально опасных объектов во многом зависит от качественного подбора комплектующих. Ввиду того что на сегодняшний день не существует единой базы технических средств физической защиты, предлагается разработанная с помощью MS SQL Server Express база данных «Средства физической защиты потенциально опасных объектов». Для проектирования базы данных был выбран Entity-Attribute-Value (EAV) – паттерн. Особенностью EAV-подхода к проектированию является представление данных в виде разреженной матрицы, где сохраняются только непустые значения.*

*Представлена концептуальная модель предметной области с учетом особенностей EAV-подхода проектирования. В отличие от реляционной модели данных, где каждая сущность хранится в виде отдельной таблицы в базе данных, в модели EAV каждый экземпляр сущности – это объект. База данных «Средства физической защиты потенциально опасных объектов» согласно ER-диаграмме состоит из таблиц: «objtype», «objects», «strdesc», «propdesc», «strings», «properties», «units», что позволяет хранить информацию о множестве разнообразных средств физической защиты с различными атрибутами.*

*The efficiency of construction of a physical protection system of potentially dangerous objects depends on the qualitative selection of components. As today there is no single database of technical means of physical protection, the database "Means of physical protection of potentially hazardous objects" developed using MS SQL Server Express is proposed. The Entity-Attribute-Value (EAV) – pattern was chosen for designing the database. The feature of EAV design approach is the data representation as a sparse matrix, which saves only non-empty values.*

*The conceptual model of the domain is presented with account of the features of EAV design approach. In contrast to the relational data model, where each entity is stored in a separate table in the database, each entity in the EAV model is the object. The database "Means of physical protection of potentially hazardous objects" according to the ER diagram consists of tables: «objtype», «objects», «strdesc», «propdesc», «strings», «properties», «units», that allows for storing the information on the multitude of physical protection with different attributes.*

**Ключевые слова:** Entity-Attribute-Value-модель, статическая структура базы данных.

**Keywords:** Entity-Attribute-Value model, static structure of the database.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-122-125

### **ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ**

УДК 332.14

*А. И. Коришунов*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. I. Korshunov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*Р. А. Галиахметов*, доктор экономических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*R. A. Galiakhmetov*, DSc in Economics, Professor, Kalashnikov ISTU)

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

## **Научно-инновационная деятельность ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в Удмуртской Республике (Research and Innovative Activity of Kalashnikov Istu in the Udmurt Republic)**

*В статье отражены основные результаты, достигнутые научно-педагогическим коллективом ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в процессе реализации Программы стратегического развития университета в период 2015–2016 гг. Выделены основные направления научно-инновационной деятельности университета и представлены наиболее интересные проекты. Описаны произведенные структурные изменения и основные мероприятия в области развития и совершенствования образовательного процесса. Значительное внимание уделено взаимодействию с промышленными предприятиями ОПК и реального сектора экономики региона, поскольку ИжГТУ имени М. Т. Калашникова принимает активное участие в деятельности ассоциаций, объединяющих наиболее крупных и активных работодателей региона. Показано ведущее место вуза в организации и осуществлении инновационной деятельности в Удмуртской Республике в тесном контакте с региональной властью. Отмечен значительный вклад ученых университета в разработку и создание программ стратегического и инновационного развития ряда крупных предприятий региона, Удмуртского машиностроительного кластера и рекреационного кластера «Камский берег». На основании всего вышесказанного сделан вывод о соответствии деятельности университета требованиям, предъявляемым к региональным опорным техническим университетам как центрам генерации инноваций.*

*The paper reflects the main achievements of scientific and pedagogical staff of Kalashnikov Izhevsk State Technical University in the process of implementation of the strategic development program of the University during the 2015-2016 biennium. The basic directions of scientific and innovative activity of the University are emphasized and the most interesting projects are presented. The structural changes and major events in the field of development and improvement of the educational process are described. Considerable attention is paid to cooperation with enterprises of the defense industry and the real sector of the regional economy, as Kalashnikov ISTU has been actively involved in the activities of associations, bringing together the largest and most active employers in the region. The leading place of the university in the organization and implementation of innovative activity in the Udmurt Republic in close contact with the regional authorities is shown. The significant contribution of scientists of the University in the development and creation of strategic programs and innovative development of a number of large enterprises in the region is marked, for example, Udmurt machine-building cluster and recreation cluster "Shore of Kama". Based on the described above, it is concluded that the activities of the University meets the requirements necessary for regional technical universities to be the centers of generation of innovations.*

**Ключевые слова:** научная и инновационная деятельность, Программа стратегического развития, территориальный инновационный кластер, программа инновационного развития.

**Keywords:** research and innovation activity, strategic development program, territorial innovation cluster, program of innovative development.

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-126-129