

**Содержание журнала**  
**«Вестник Ижевского государственного технического университета**  
**имени М. Т. Калашникова» том 20, №2 за 2017 год**

**МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

УДК 621.833.389; 621.914.5

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-4-8

*Е. С. Трубачев*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*E. S. Trubachev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

**Перспективы формообразования зубьев с помощью двухпараметрических семейств производящих линий (Prospects of Tooth Generation by Means of Two-Parametric Families of Generating Lines)**

*Формообразование поверхностей с помощью производящих линий, традиционно считающееся методом менее распространенным, чем формообразование с помощью производящих поверхностей, может дать существенные преимущества в производительности, гибкости и практической реализуемости. В работе описаны предложенные для спироидных передач способы формообразования зубьев с помощью двухпараметрических семейств производящих линий – режущих кромок резцов. Способы реализуются на распространенных зубофрезерных и программно управляемых токарных станках с помощью однозубого (резец-летучка) или многозубого сборного инструмента (резцовая головка с твердосплавными резцами). Даны зависимости для расчета геометрии формируемых зубьев зубчатых колес исходя из условия компланарности векторов относительных скоростей при формообразовании и вектора, касательного к производящей линии, и зависимости для расчета параметров формообразования исходя из условия принадлежности указанных векторов и вектора относительной скорости в зацеплении единой плоскости. Рассмотрены перспективы реализации формообразования зубьев с помощью указанных семейств при согласованных вращениях заготовки и инструмента торцового, плоского, цилиндрического и конического типов.*

*Generation of surfaces by means of generating lines is traditionally considered to be a less common method than generation by means of generating surfaces; nevertheless, it can provide for essential advantages in manufacturability, flexibility and practical implementation. The paper describes the proposed methods for generation of teeth of spiroid gears by means of two-parametric families of generating lines, that is, cutting edges of cutters. The methods are implemented at common gear-milling machine-tools and CNC lathes by means of a single-tooth (fly cutter) or multiple-tooth assembled tool (cutting head with hard-alloy cutters). Relations for geometry analysis of the generated gearwheel teeth are presented in accordance with the condition of complanarity of vectors of relative velocity at generation and of the vector which is tangent to the generating line; and relations for calculation of generation parameters in accordance with the condition of belonging of the pointed vectors and the vector of relative velocity in meshing to one plane. Prospects of implementation of tooth generation by means of the mentioned families are considered for the agreed rotations of the blank and tool of the face, plane, cylindrical and bevel types.*

**Ключевые слова:** зубчатая передача, формообразование, производящая линия.

**Keywords:** gear, generation process, generating line.

УДК 62-233.3/9

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-8-12

*В. Н. Ражиков*, доктор технических наук, профессор, Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург (*V. N. Razhikov*, DSc in Engineering, Professor, Baltic State Technical University “Voennmeh” named after D. F. Ustinov)

*А. Н. Беляев*, аспирант, Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург (*A. N. Belyaev*, Post-graduate, Baltic State Technical University “Voennmeh” named after D. F. Ustinov)

## **Особенности расчета кинематической точности планетарных зубчатых передач вида К-Н-V (Calculating the Kinematic Accuracy of K-H-V Planetary Gears)**

*Рассмотрены вопросы расчета кинематической погрешности планетарных зубчатых передач вида К-Н-V с малой разностью чисел зубьев и двумя сателлитами. В рассматриваемой передаче вращение от сателлитов на выходной вал (звено V) передается с помощью механизма параллельных кривошипов. При проведении расчетов общая кинематическая погрешность передачи была разделена на две составляющих – кинематическая погрешность планетарного зубчатого зацепления и кинематическая погрешность механизма параллельных кривошипов. Были учтены принципы работы передачи, конструктивное исполнение, а также технология изготовления и сборки. В результате учета всех особенностей работы определено, что результирующая кинематическая погрешность по структуре имеет малые амплитуды низкочастотной составляющей (оборотной) и значительные амплитуды циклической составляющей. Приведены результаты экспериментальных исследований.*

*The paper deals with the issues in calculating the kinematic error in K-H-V planetary gears with a small difference in the number of gearwheel teeth and two satellites. For the considered gear the rotation is transmitted from satellites to the output shaft (link V) by means of a mechanism of parallel crank shafts. In calculations the total kinematic error of the gear was divided into two components – the kinematic error of the gear mechanism and the kinematic error of the mechanism of parallel crank shafts. The calculations were performed taking into account the working principles of gears, the specific design (constructive version) and production and assembly technologies. Having considered all the features of operation, we found that the resulting error comprises minor amplitudes in the low-frequency component and significant amplitudes in the cyclical component. Experimental research results are given.*

**Ключевые слова:** планетарная передача К-Н-V, многопарное зацепление, параллельные кривошипы, кинематическая погрешность.

**Keywords:** K-H-V planetary gear, multiple-tooth contact, parallel crank shafts, kinematic accuracy.

УДК 621.833

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-12-15

*Е. А. Полуэктов*, кандидат технических наук, филиал Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) в Златоусте (*E. A. Poluektov*, PhD in Engineering, South Ural State University (National Research University), Zlatoust branch)

*Т. Р. Хазиев*, филиал Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) в Златоусте (*T. R. Khaziev*, South Ural State University (National Research University), Zlatoust branch)

## **Зубофрезерование конической неэвольвентной шестерни цилиндрической передачи внутреннего зацепления (Hobbing the Bevel Non-Involute Pinion of Helical-Bevel Gear of Internal Meshing)**

*Рассматривается передача с конической шестерней и цилиндрическим колесом внутреннего зацепления, которое изготавливается зубодолблением по обычной технологии. При формировании рабочих профилей зубьев шестерни цилиндрической передачи внутреннего зацепления возникает технологическая проблема получения рабочего профиля зубьев. Это связано с необходимостью изготовления для каждой передачи долбяка с внутренними зубьями с геометрией, идентичной геометрии колеса передачи. В работе описан способ формирования приближенного профиля зубьев шестерни цилиндрической передачи инструментом реечного типа. Предлагаемый способ обеспечивает достаточную для практического применения степень приближения формируемой поверхности к теоретически точной.*

*The paper deals with the gear having a bevel pinion and cylindrical internal gearwheel produced by conventional techniques of gear shaping. When generating the flanks of pinion teeth of the helical-bevel gear of internal meshing, the manufacturing problem arises related to generation of*

*the tooth flank. It is due to the necessity to produce the shaping cutter with internal teeth having the geometry identical to the geometry of the gearwheel. In this research a new principle is described for generation of the approximated profile of the pinion teeth for a helical-bevel gear by the rack-type tool. The proposed method provides the degree of approximation of the generated surface to the theoretically precise one which is enough for practical implementation.*

**Ключевые слова:** цилиндрикоконическая передача, внутреннее зацепление, неэвольвентная шестерня, зубофрезерование.

**Keywords:** helical-bevel gear, internal meshing, non-involute pinion, hobbing.

УДК 621.833

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-15-18

*В. В. Бружас*, аспирант, филиал Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) в Златоусте (*V. V. Bruzhas*, Post-graduate, South Ural State University (National Research University), Zlatoust branch)

*Б. А. Лопатин*, доктор технических наук, профессор, филиал Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) в Златоусте (*B. A. Lopatin*, DSc in Engineering, Professor, South Ural State University (National Research University), Zlatoust branch)

*С. В. Плотникова*, кандидат технических наук, доцент, филиал Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) в Златоусте (*S. V. Plotnikova*, PhD in Engineering, Associate Professor, South Ural State University (National Research University), Zlatoust branch)

### **Разработка твердотельных моделей эвольвентно-конических зубчатых колес (Development of Solid Models of Involute-Bevel Gearwheels)**

*При современном проектировании зубчатых механизмов возникает необходимость в твердотельных моделях зубчатых колес. Если получение твердотельных моделей обычных цилиндрических зубчатых колес не вызывает затруднений путем применения стандартных программных продуктов, таких как КОМПАС, Inventor и т. п., то задача получения моделей эвольвентно-конических колес (ЭКК) вследствие особенности их геометрии требует решения.*

*Представлен способ получения твердотельных моделей ЭКК путем моделирования станочного зацепления ЭКК и производящей рейки. При этом параметры производящей рейки можно задавать по желанию проектировщика. Показаны модели прямозубого ЭКК, косозубого ЭКК и ЭКК с внутренними зубьями. В качестве примера представлены модели различных передач, составленные из ЭКК. Твердотельные модели зубчатых колес исформированных передач могут быть использованы при оценки их напряженно-деформированного состояния.*

*With modern design of gear units there is a need for solid models of gears. Obviously, generation of solid models for conventional spur and helical gears is straightforward due to application of standard software such as COMPAS-3D, Inventor and so on. At the same time, the task of obtaining the model of involute-bevel gearwheels, especially due to their geometry, still requires solutions.*

*This paper presents a method for producing solid models by simulating the machine-tool meshing of involute-bevel gears and the generating rack. The parameters of the generating rack can be set at the request of the designer. Models of a spur involute-bevel gearwheel, a helical involute-bevel gearwheel and a gearwheel with internal teeth are presented. As an example, models of various gears composed of involute-bevel gearwheels are shown. Solid models of gearwheels and gears can be used for assessment of their stress-strain state.*

**Ключевые слова:** твердотельная модель, эвольвентно-коническое зубчатое колесо, модели передач, модели зубчатых передач, производящая рейка.

**Keywords:** solid model, involute-bevel gearwheel, models of gears, generating rack.

УДК 621.83.062.1

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-19-21

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

*В. Г. Карабань*, кандидат технических наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (*V. G. Karaban*, PhD in Engineering, Associate Professor, Volgograd State Technical University)

*А. В. Соломатин*, аспирант, Волгоградский государственный технический университет (*A. V. Solomatin*, Post-graduate, Volgograd State Technical University)

### **Повышение нагрузочной способности бесступенчатых импульсных передач (Increase in Load Capacity of Pulse Continuously Variable Transmissions)**

*Исследуется возможность повышения нагрузочной способности клинового механизма свободного хода бесступенчатой импульсной передачи за счет лазерной обработки. На контактных поверхностях клина формируется волнистость, которая способствует существенному увеличению фактической поверхности контакта, снижению контактных давлений и повышению функциональных и эксплуатационных показателей механизма свободного хода бесступенчатой импульсной передачи.*

*The possibility of increasing the load capacity of the wedge freewheel mechanism of the pulse continuously variable transmission due to the laser processing is investigated. Undulation is generated on the contact surfaces of the wedge that provides a significant increase in the actual contact surface, reduced contact pressures and enhanced functional and operating characteristics of the freewheel mechanism of the pulse continuously variable transmission.*

**Ключевые слова:** бесступенчатая импульсная передача, клиновой механизм свободного хода, лазерная обработка, контактная поверхность, нагрузочная способность.

**Keywords:** pulse continuously variable transmission, wedge freewheel mechanism, laser processing, contact surface, load capacity.

УДК 658.512.26

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-22-23

*Е. С. Слащев*, АО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг» (*E. S. Slashchev*, Izhevsk Motozavod "Aksion-holding" Ltd.)

### **Принципы формообразования портативного рентген-флуоресцентного анализатора при конструировании и дизайн-проектировании (Principles of Shaping Form of a Portable X-ray Fluorescent Analyzer in the Design)**

*Описана разработка внешнего вида корпуса портативного рентген-флуоресцентного анализатора с учетом анализа кривизны поверхностей, при которых горизонтальные и вертикальные поверхности имеют равномерные переходы без явных «переломов» на стыках, что дает эстетическое преимущество продукта. Также представлены принципы конструирования и дизайн-проектирования портативного рентген-флуоресцентного анализатора с учетом требований эксплуатации и технической эстетики, созданные при помощи системы приемов отладки в САД и методов проработки инженерно-конструкторской части технического проекта изделия, опирающиеся на возможности графических редакторов. С целью создания конкурентоспособного, побуждающего потребителя к приобретению портативного рентген-флуоресцентного анализатора конструкция разработана с учетом таких эргономических факторов, как моторика, психика и физиология. Исследования с учетом данных факторов направлены на максимально эффективное использование, чтобы получить точный результат качественного и количественного анализа материала. Одним из таких факторов, представленных в статье, является отведение рентгеновской трубки на безопасное расстояние от человека-оператора с целью снижения вреда от рентгеновского излучения.*

*The paper describes the development of the exterior of the casing for a portable X-ray fluorescent analyzer, taking into account the analysis of the curvature of the surfaces, in which the hori-*

*zontal and vertical surfaces have uniform transitions without obvious "fractures", which is advantageous from the aesthetical point of view. Also this paper presents the design principles of the portable x-ray fluorescence analyzer with the requirements of operation and the technical aesthetics, created with the help of a system of debugging techniques in CAD systems and methods for working out the engineering and design part of the technical design of the product, based on the capabilities of graphic editors. In order to create a competitive, motivating-to-buy portable X-ray fluorescent analyzer, the design has been developed taking into account such ergonomic factors as movements, state of mind and physiology. Investigations with account of these factors are aimed at the most effective application in order to obtain the accurate result of the qualitative and quantitative analysis of the material. One of these factors presented in the paper is the retraction of the X-ray tube to a safe distance from the human operator in order to reduce the harm from X-ray radiation.*

**Ключевые слова:** конструкция, дизайн, форма, портативный рентген-флуоресцентный анализатор, эксплуатация, эргономика.

**Keywords:** layout, design, form, portable X-ray fluorescence analyzer, operation, ergonomics.

УДК 621.833.3

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-24-28

*В. Н. Анферов*, доктор технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск (*V. N. Anferov*, DSc in Engineering, Siberian Transport University, Novosibirsk)

*А. П. Ткачук*, кандидат технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск (*A. P. Tkachuk*, PhD in Engineering, Siberian Transport University, Novosibirsk)

*А. В. Зайцев*, аспирант, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск (*A. V. Zaitsev*, Post-graduate, Siberian Transport University, Novosibirsk)

### **Расчет ресурса спироидного редуктора в приводе кабелесборочного механизма электрогрузчика (Life-Time Calculation of Spiroid Gearbox in the Drive of Cable-Assembly Mechanism of the Electric Loader)**

*Рассмотрен метод определения ресурса спироидного редуктора в приводе кабелесборочного механизма электрогрузчика. Метод основан на учете конкретных условий эксплуатации электрогрузчика в процессе выполнения погрузочно-разгрузочных работ и, как следствие, режимов нагружения кабелесборочного механизма. Электрогрузчики широко применяются в промышленности, на транспорте, в строительстве и горном производстве при проведении погрузочно-разгрузочных работ. Одним из самых распространенных видов являются универсальные электрогрузчики с приводом от аккумуляторных батарей. Наиболее часто их используют для погрузочных и разгрузочных работ в крытых складских помещениях. В результате расчетов получен прогнозируемый ресурс спироидного мотор-редуктора кабелесборочного механизма при постоянном и переменном режимах нагружения, с учетом предельного износа зубьев спироидного колеса и продолжительности цикла работы кабелесборочного механизма. Метод учитывает основные характеристики процесса выполнения рабочего цикла электрогрузчиком при транспортировании, погрузке и выгрузке грузов. Данные характеристики учитываются соответствующей усредненной тахограммой рабочего цикла электрогрузчика. Результаты расчетов прогнозируемого ресурса по данному методу позволяют на этапах проектирования кабелесборочного механизма более точно спрогнозировать ресурс спироидного мотор-редуктора с учетом режима нагружения, а также условий эксплуатации электрогрузчика.*

*The paper describes the method for determining the life-time of spiroid gearboxes in the drive of the cable-assembly mechanism of the electric loader. The method is based on the specific operating conditions for electric loader during loading and unloading operations, and, as a result, on loading modes of the cable-assembly mechanism. Electric loaders are common in engineering, transport, construction and mining industries for loading and unloading operation. One of the most common types is the uni-*

versal electric loader powered by batteries. Most often they are used for loading and unloading operations in covered warehouses. As a result of calculations the forecasted life-time has been obtained for a spiroid gear-motor of the cable assembly mechanism at constant and variable loading conditions, taking into account the wear limit for a spiroid gearwheel and the duration of the work cycle of the cable assembly mechanism. The method takes into account the basic characteristics of the process of the operating cycle for the electric loader during cargo transportation, loading and unloading. These characteristics are taken into account by the respective average speed diagram of the operating cycle of the electric loader. The results of calculations of the forecasted life-time according to this method allow forecasting more precisely the life-time of the spiroid gear-motor at the design stages with account of loading conditions and operating conditions of the electric loader.

**Ключевые слова:** электропогрузчик, прогнозируемый ресурс, режим нагружения, спириодный редуктор, предельный износ.

**Keywords:** electric loader, forecasted life-time, loading mode, spiroid gearbox, wear limit.

УДК 621.833.6

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-29-35

*Ф. И. Плеханов*, доктор технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*F. I. Plekhanov*, DSc in Engineering, Kalashnikov ISTU)

*Е. Ф. Вычужанина*, кандидат экономических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. F. Vychuzhanina*, PhD in Economics, Kalashnikov ISTU)

*И. А. Пушкарев*, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. A. Pushkarev*, Kalashnikov ISTU)

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

**Исследование распределения нагрузки в зацеплениях колес многопоточных планетарных передач и его влияния на технико-экономические показатели привода (Investigation of Loading Distribution in Tooth Contact of Multi-Row Planetary Gears and Its Influence on Overall Economics of the Drive)**

Многопоточные планетарные передачи нашли широкое распространение в технике благодаря хорошим технико-экономическим показателям: высокой нагрузочной способности при небольших габаритах и массе, малым потерям мощности на трение, большому передаточному отношению в одной ступени. Существенным недостатком этих передач является неравномерность распределения нагрузки в зацеплениях колес, что вызвано неизбежными погрешностями изготовления и деформациями их звеньев. Однако податливость отдельных элементов передачи (осей и подшипников сателлитов, щек водила) способствует выравниванию нагрузки как по сателлитам, так и их рядам при многорядном исполнении механизма. В связи с этим важно установить степень влияния деформации элементов планетарной передачи на распределение нагрузки в зацеплениях колес и на такой важный технико-экономический показатель, как отношение массы к моменту на выходном валу.

Коэффициент неравномерности распределения нагрузки по сателлитам определялся из решения системы уравнений совместности перемещений с учетом деформации щек водила, подшипников и осей сателлитов. Причем ось сателлита в местах ее сопряжения со щечками водила и кольцом подшипника качения рассматривалась как балка на упругом основании, а щеки водила выполнены с пазами для снижения их жесткости. Таким образом было установлено, что выполнение щек водила податливыми позволяет снизить коэффициент неравномерности распределения нагрузки по сателлитам на 8–11 %, что благоприятно сказывается на несущей способности привода и его массогабаритных показателях.

При ограниченном радиальном размере передачи ее целесообразно выполнить многорядной. Однако в этом случае деформация кручения солнечной шестерни ведет к неравномерному распределению нагрузки по рядам сателлитов. Для предотвращения этого негативного явления предлагается водило выполнить с разными по ширине перемычками, размеры которых подбирать так, чтобы их деформация соответствовала деформации кручения шестерни.

Таким образом, использование предложенных конструкций многопоточных планетарных передач при рациональном выборе их параметров позволяет существенно снизить неравномерность распределения нагрузки в зацеплениях колес и улучшить технико-экономические показатели привода.

*Multi-row planetary gears are widely used in engineering due to good technical and economic indicators: high load capacity with small dimensions and weight, small losses of frictional power, and large gear ratio in one stage. A significant disadvantage of these transmissions is the uneven load distribution in meshing of gearwheels, which is caused by inevitable manufacturing errors and deformations of their elements. However, the compliance of individual transmission elements (axes and bearings of the satellites, cheeks of the carrier) facilitates the equalization of the load both among satellites and their rows in the case of a multi-row design of the mechanism. In this connection, it is important to establish the degree of influence of the deformation of the planetary gear elements on the load distribution in meshing of gearwheels and on such an important technical and economic indicator as the ratio of the mass to the moment at the output shaft.*

*The coefficient of uneven load distribution among satellites was determined by solving the system of equations for the compatibility of displacements, taking into account the deformation of jaws of the carrier, bearings and axes of the satellites. And the axis of the satellite in the places of its contact with jaws of the carrier and the bearing ring was considered as a beam on an elastic base, and the jaws of the carrier were made with grooves to reduce their rigidity. Thus, it was found that performance of compliant carrier jaws allows to reduce the coefficient of uneven load distribution among satellites by 8–11 %, which favorably affects the load capacity of the drive and its weight and overall dimensions.*

*With a limited radial transmission size, it is advisable to perform a multi-row transmission. However, in this case, the deformation of the torsion of the sun gear leads to an uneven distribution of the load among the rows of satellites. To prevent this negative phenomenon, it is suggested to produce the carrier with different widths of bridges having dimensions chosen so that their deformation could correspond to deformation of the pinion torsion.*

*Thus, the use of the proposed layouts of multi-row planetary gears with a rational choice of their parameters makes it possible to significantly reduce the uneven distribution of the load in gears and improve the technical and economic performance of the drive.*

**Ключевые слова:** планетарные передачи, податливость элементов, распределение нагрузки, масса.

**Keywords:** planetary transmissions, compliance of elements, load distribution, mass.

УДК 621.65.03

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-35-37

*М. В. Горбунов*, аспирант, Курганский государственный университет (*M. V. Gorbunov*, Post-graduate, Kurgan State University)

*В. В. Смирнов*, аспирант, Курганский государственный университет (*V. V. Smirnov*, Post-graduate, Kurgan State University)

### **Выявление оптимального числа волн планетарной роторной гидромашин по критерию производительности (Identification of Optimum Number of Waves of the Planetary Rotor Hydrocar by Criterion of Productivity)**

*Статья посвящена поиску рациональных параметрических соотношений планетарных роторных гидромашин (ПРГМ). Актуальность изучения и применения ПРГМ (в качестве насосов и двигателей) возрастает в связи с развитием современных технологий, которые позволяют достаточно дешево изготавливать некруглые зубчатые колеса. Эти гидромашин содержат плавающие сателлиты и, в общем случае, некруглые центральные зубчатые колеса – ротор и статор. Ранее считалось, что числа зубьев  $Z_2$  и  $Z_1$  волн статора  $N$  и ротора  $M$  обязательно должны быть различными. Нами показано, что случай одинаковых чисел волн  $N = M$  и зубьев  $Z_2$  и  $Z_1$  не только возможен, но является наилучшим. В данной статье рассмотрен только случай  $N = M$ . Важно обоснованно ответить на вопрос: сколько «волн» предпочтительно выполнить на центральных колесах, для достижения максимальной*

удельной производительности ПРГМ. Анализ показал, что увеличение числа «волн», в общем случае, некруглых зубчатых колес приводит к повышению производительности гидромашины, но одновременно увеличивает вероятность выпадения сателлитов, не участвующих в передаче крутящего момента. В итоге сделан вывод о целесообразности применения схем ПРГМ с числами волн  $N \times M$  центральных колес  $2 \times 2$  и  $3 \times 3$ .

*The paper is devoted to search of rational parametrical ratios of planetary rotor hydrocars (PRH). Relevance of studying and application of PRH (as pumps and engines) increases in connection with development of the current technologies which allow to produce rather cheap non-round gears. These hydrocars contain floating satellites and, generally, non-round central tooth gears – a rotor and a stator. It was considered earlier that numbers of teeth of Z2 and Z1 of waves of a stator of N and a rotor of M have to be various. We showed that the case of identical numbers of waves of  $N = M$  and teeth of Z2 and Z1 is not only possible, but it is the best one. In this paper only the case for  $N=M$  is considered. It is important to answer the question: how many "waves" are preferable to arrange on the central wheels for achievement of the maximum productivity of PRH. The analysis showed that increase in the number of "waves", generally, of non-round gears leads to the increase in productivity of the hydrocar, but at the same time, it increases the probability of loss of the satellites which are not participating in torque transfer. As a result, the conclusion is drawn on the expediency of application of schemes PRH with numbers of waves of  $N \times M$  of the central wheels  $2 \times 2$  and  $3 \times 3$ .*

**Ключевые слова:** планетарная роторная гидромашина, некруглые зубчатые колеса, траектории движения сателлита, производительность.

**Keywords:** planetary rotor hydrocar, non-round gearwheel, trajectories of the satellite movement, productivity.

УДК 621.65.03

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-37-40

Д. А. Курасов, кандидат технических наук, Курганский государственный университет  
D. A. Kurasov, PhD in Engineering, Kurgan State University ()

### **Геометрический синтез планетарной роторной гидромашины, содержащей круглое и некруглое центральные колеса (Geometrical Synthesis of the Planetary Rotor Hydrocar Containing the Round and Non-Round Central Gearwheels)**

Объемные гидромашины – насосы и двигатели – широко используются в самых разных технических системах. Одним из видов таких машин являются планетарные роторные гидромашины (ПРГМ). ПРГМ содержат два центральных зубчатых колеса (как правило, некруглых) и расположенные между ними плавающие сателлиты. При этом числа волн  $M$  и  $N$  центральных колес могут быть как различными, так и одинаковыми. При проектировании и расчете ПРГМ основной задачей является геометрический расчет их зубчатых звеньев. Ранее такая задача была решена для случая, когда оба центральных колеса некруглые, а центровые траектории сателлита изменяются по простейшему закону «косинуса». В данной статье предлагается методика синтеза центроид звеньев ПРГМ, содержащих круглое и некруглое центральные колеса. При этом необходимо обеспечить совместимость волнообразной центроиды эпициклического колеса с заранее заданной центроидой круглого солнечного колеса (или наоборот). Разработанный метод геометрического синтеза ПРГМ позволяет получить профили зубчатых звеньев ПРГМ с помощью стандартных программных комплексов. Метод будет востребован на этапе проектирования планетарных роторных гидромашин (насосов и гидродвигателей) конструкторами предприятий машиностроительной отрасли.

*Volume hydrocars (pumps and engines) are widely used in very different technical systems. One of the types of such machines are planetary rotor hydrocars (PRH). PRH contain two central gearwheels (usually non-round) and the floating satellites located between them. At the same time, numbers of waves  $M$  and  $N$  of central gearwheels can be both various and identical. When design-*



*ing and calculating the PRH, the main objective is the geometrical calculation of their gear members. Previously, such a task was solved for a case when both central gearwheels are not round, and center trajectories of the satellite change by the simplest law of "cosine". In this paper the technique of synthesis of centroides for members of PRH containing the round and non-round central gearwheels is offered. At the same time, it is necessary to provide compatibility of a wavy centroide of an epicyclic gearwheel with the pre-assigned centroide of a round sun gearwheel (or vice versa). The developed method for geometrical synthesis of PRH allows to receive profiles of gear members of PRH by means of standard software. The method will be demanded at a design stage of planetary rotor hydrocars (pumps and hydraulic engines) by designing engineers of the machine-building industry.*

**Ключевые слова:** планетарная роторная гидромашинa, центроида, число волн, некруглые зубчатые колеса, траектории движения сателлита.

**Keywords:** planetary rotor hydrocar, centroid, number of waves, non-round gearwheels, trajectory of the satellite movement.

УДК 621.002

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-40-43

*М. М. Кане, доктор технических наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Минск (M. M. Kane, DSc in Engineering, Professor, Belorussian National Technical University, Minsk)*

**Возможности повышения эффективности статистического моделирования технологического процесса зубонарезания цилиндрических шестерен (Possibilities of Efficiency Increase of Statistical Modeling of Manufacturing Process for Cylindrical Gear Cutting)**

*Показаны условия использования методов корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализов для моделирования технологических процессов, при которых достигается требуемая точность модели и надежная оценка ее адекватности. Обоснована необходимость соблюдения этих условий, приведены методы проверки их соблюдения. Применительно к процессам зубонарезания цилиндрических шестерен дана классификация этих условий. Приведены результаты изучения таких статистических характеристик рассмотренных процессов зубообработки, как законы распределения, стационарность и эргодичность 13 показателей точности зубьев цилиндрических шестерен при их зубофрезеровании червячной фрезой и зубодолблении в различных условиях. Анализ законов распределений показателей точности зубьев выполнен путем сравнения их фактических распределений в указанных условиях зубообработки с 7 теоретическими распределениями с помощью критериев согласия.*

*The paper shows the conditions of applying the methods for correlation-regression and dispersion analysis for manufacturing processes simulation in which the required accuracy of the model and the reliable assessment of its adequacy are achieved. The necessity for meeting these conditions is grounded; methods of verifying of compliance with these conditions are given. Classification of these characteristics with regard to processes of cylindrical gear cutting is given. The results are shown for the study of such statistical characteristics of the considered gear machining processes as laws of distribution, steadiness and ergodity parameters of 13 characteristics of tooth accuracy for cylindrical gearwheels at their hobbing and shaping under different conditions. Analysis of laws of distribution of tooth accuracy parameters is made by comparison of their actual distribution under definite conditions of gear machining with 7 theoretical distributions by means of compliance criteria.*

**Ключевые слова:** статистическое моделирование технологических процессов, точность модели, требования к исходным данным, методы оценки исходных данных, статистические характеристики процессов зубонарезания цилиндрических шестерен.

**Keywords:** statistical simulation of manufacturing processes, model accuracy, demands to initial data, methods of initial data assessment, statistical descriptions of processes of cylindrical gear cutting.

УДК 621.7.075

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-43-47

Г. Ю. Волков, доктор технических наук, доцент, Курганский государственный университет (G. Yu. Volkov, DSc in Engineering, Associate Professor, Kurgan State University)

С. А. Киселев, аспирант, Курганский государственный университет (S. A. Kiselev, Post-graduate, Kurgan State University)

### **Изготовление зубчатых венцов с использованием флексагонов (Manufacturing of Gear Rims with Application of Flexagons)**

*Флексагонами называют фигуры, сложенные из плоских полос, например бумаги. До настоящего времени такие фигуры использовались только в качестве игрушек. Нами предлагается применять флексагоны при изготовлении зубчатых венцов. Сначала из плоской полосы изготавливается флексагон в виде зубчатой ленты. Полученный флексагон по спирали или замкнутыми кольцами укладывается в соответствующую пресс-форму и подвергается осевому сжатию. Вариантов складывания полосы в требуемую зубчатую ленту много. Качественно и количественно соответствующий флексагон описывается предложенной нами обобщенной формулой*

$$(\varphi_1; \gamma_1; r_1; h_1) \rightarrow (\varphi_2; \gamma_2; r_2; h_2) \rightarrow \dots \rightarrow (\varphi_n; \gamma_n; r_n; h_n),$$

где  $\varphi_i$  – угол расположения оси линии сгиба;  $\gamma_i$  – угол поворота ленты при сгибе;  $r_i$  – радиус сгиба по внутренней поверхности;  $h_i$  – очередное выдвигание полосы-заготовки вдоль своей кромки.

*Преимущества предлагаемых конструкций и способов изготовления зубчатых венцов: безотходность производства, возможность изготавливать из нужных материалов только сами зубья, т. е. экономия качественного материала; возможность изготовления тех зубчатых венцов, которые трудно обработать обычными способами, – внутренних зубьев, зубьев нестандартного профиля, некруглых зубчатых колес.*

*Flexagons are figures folded from flat strips such as paper. Till present, such figures were used only as toys. We propose to apply flexagons in manufacture of gear rims. First, you need to make a flexagon from a flat strip in the form of a toothed band. The resulting flexagon is fit into the appropriate mold by a spiral or closed rings and it is subjected to axial compression. There are a lot of options for folding the strip into the desired gear band. Qualitatively and quantitatively, the appropriate flexagon is described by our proposed generalized formula:*

$$(\varphi_1; \gamma_1; r_1; h_1) \rightarrow (\varphi_2; \gamma_2; r_2; h_2) \rightarrow \dots \rightarrow (\varphi_n; \gamma_n; r_n; h_n),$$

where  $\varphi_i$  is the angle of the axis of the fold line;  $\gamma_i$  is the angle of rotation of the band at bending;  $r_i$  is the bend radius at the inner surface;  $h_i$  is another extension of the blank strip along its edge.

*The advantages of the proposed design and methods for manufacture of gear rims are the pollution-free production, possibility to produce only to teeth of the necessary materials – i.e. saving the quality material; the possibility of making those gear rims, which are difficult to machine by conventional methods: internal teeth, teeth having a non-standard profile, non-circular gearwheels.*

**Ключевые слова:** флексагон, зубчатый венец, зубчатая лента, экономия материала.

**Keywords:** flexagon, gear rim, tooth band, material saving.

УДК 621.791.92 : 621.81

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-47-51

Г. С. Горбунов, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (G. S. Gorbunov, Student, Kalashnikov ISTU)

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

С. Д. Соловьев, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (S. D. Solovyev, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

### **Классификация и технико-экономические показатели процессов наплавки (Classification and Technical and Economic Parameters of Welding Deposition Processes)**

*Приведена классификация и технико-экономические показатели способов наплавки, сгруппированных по физическому принципу применяемого источника тепловой энергии, используемого для нагрева и расплавления наплавляемого металла, позволяющая анализировать и выбирать наиболее рациональный процесс, отвечающий технологическим и экономическим требованиям современного производства. Основным показателем процессов, применяемых для износостойкой наплавки, является доля участия основного металла в наплавленном слое. Рассмотрены технологические приемы снижения в наплавленном слое содержания основного металла при однослойной наплавке, в том числе за счет применения процессов управляемого каплепереноса, и возможность легирования наплавленного металла путем применения порошковых материалов, таких как проволока и ленты. Показано применение процессов наплавки для ремонтного и изготовительного производств. Проведенная систематизация позволяет составить базу данных для автоматизированного метода проектирования технологических процессов ремонтной и износостойкой наплавки поверхностей различных деталей.*

*The paper presents the classification and technical and economic parameters of the welding methods grouped according to the physical principle of the applied heat source used to heating and melting the weld metal, which makes it possible to analyze and select the most rational process that meets the technological and economic requirements of modern production. The main indicator of the processes used for wear-resistant surfacing is the fraction of the participation of the base metal in the deposited layer. Technological methods for reducing the content of the base metal in the welded layer under single-layer cladding, including the use of controlled droplet transfer processes, and the possibility of alloying the weld metal by using powder materials such as wires and tapes are considered. The application of surfacing processes for repair and manufacturing industries is shown. The systematization allows to create a database for the automated method of designing technological processes for repair and wear-resistant surfacing of surfaces of various parts.*

**Ключевые слова:** деталь, износ, восстановление, наплавка, процесс, наплавленный слой, основной металл, показатели, производство.

**Keywords:** part, wearing process, renovation, welding deposition, process, beading weld, base metal, characteristics, industry.

УДК 621.92+621.833

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-51-54

*А. Э. Волков, доктор технических наук, профессор, МГТУ «Станкин» (A. E. Volkov, DSc in Engineering, Professor, MSTU “STANKIN”)*

*В. И. Медведев, доктор технических наук, доцент, МГТУ «Станкин» (V. I. Medvedev, DSc in Engineering, Associate Professor, MSTU “STANKIN”)*

**Задачи синтеза и анализа профилирования инструмента для шлифования винтовых поверхностей (Synthesis and Analysis Problems of Profiling the Tool for Grinding Helical Surfaces)**

*Современные станки с числовым программным управлением обладают возможностью создать в осевом сечении шлифовального круга произвольный заданный профиль. Поэтому проведя с использованием математических методов расчет осевого сечения шлифовального круга можно получить инструмент, позволяющий шлифовать винтовую поверхность с требуемой точностью. При каждой правке с учетом изменения диаметра инструмента профиль необходимо будет пересчитывать, что не будет приводить к потере точности. В статье представлены методики синтеза и анализа профилирования шлифовального круга для обработки различных типов цилиндрических винтовых поверхностей с требуемой точностью. Решение задачи синтеза описано для наружной резьбы наиболее общего вида. Для построения боковой поверхности инструмента определяется неподвижная в пространстве кривая касания боковой поверхности круга и поверхности впадины резьбы. Осевое сечение инструмента определяется в табличном виде. Форма поверхности резьбы представлена как*

результат математического моделирования обработки заготовки полученным шлифовальным кругом на основе модели обволакивающей. Удаленная при обработке часть заготовки рассматривается как объединение областей пересечения инструмента и заготовки в их различных относительных положениях. Винтовая поверхность определяется в табличном виде. Поскольку получение даже теоретически абсолютно точной поверхности не всегда возможно, то производится расчет погрешности обработки по нормали к поверхности резьбы. Предложенные методики реализованы в виде программных модулей. Дан пример использования описанных методик для обработки упорной наружной резьбы. Описанные методики используются на станкостроительном заводе ЗАО «МСЗ-Салют» при шлифовании на станке модели МШ520.

*Modern machines with software control have the ability to create an arbitrary specified profile in the axial section of the grinding wheel. Therefore, by carrying out the calculation of the radial cross-section of the grinding wheel by using mathematical methods, it is possible to obtain a tool to grind a helical surface with the required accuracy. With each dressing of the grinding tool, taking into account the change in the tool diameter, the profile will need to be recalculated, which will not lead to loss of accuracy. In this paper the methods for synthesis and analysis of profiling of a grinding wheel for processing various types of cylindrical helical surfaces with the required accuracy are presented. The solution of the synthesis problem is described for the external thread of the most general type. To construct the lateral surface of the grinding wheel, a stationary in space curve of the tangency of the lateral surface of the circle and the surface of the screw thread is determined. The axial section of the tool is defined in a tabular form. The shape of the surface of the thread is obtained on the basis of the wrapping model as a result of mathematical simulation of the blank machining by the grinding wheel of the earlier defined shape. The part of the blank removed during machining is considered as the union of the intersection areas of the tool and the blank in their various relative positions. The helical surface is defined in tabular form. Since obtaining even a theoretically absolutely accurate surface is not always possible, calculation of the processing error along the normal to the thread surface is performed. The proposed methods are implemented in the form of program modules. An example of using the described techniques for machining a buttress external thread is given. The described methods are used at the machine-tool plant of JSC "MSZ-Salut" when grinding on the MSh520 machine.*

**Ключевые слова:** шлифование, винтовая поверхность, наружная резьба, обволакивающая, программный модуль, упорная резьба.

**Keywords:** grinding, screw surface, external thread, wrapping, software module, buttress thread.

УДК 530.145.6

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-55-60

Г. А. Кораблев, доктор химических наук, профессор, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (G. A. Korablev, DSc in Chemistry, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy)

### **О механизме корпускулярно-волновых взаимодействий (On the Mechanism of Wave-Particle Interactions)**

Два принципа сложения энергетических характеристик структурных взаимодействий выполняются, если процесс идет или по градиенту потенциала, или против него. Трансформируя эти правила на корпускулярно-волновой дуализм, можно предположить, что корпускулярные взаимодействия имеют место по градиенту потенциала (принцип сложения обратных величин энергий), а волновые процессы идут против градиента потенциала (принцип алгебраического сложения энергий). Такой подход подтверждается эмпирическим уравнением, в котором акт квантового действия сводится к перераспределению энергий в системе «частица – волна».

Показано, что угловой вектор вращательно-поступательного движения электронов при квантовых переходах меняется в соответствии с квантовым числом квадрата тангенса этого угла.

*Two principles of adding energy characteristics of structural interactions are fulfilled if the process flows either along the potential gradient or against it. Transforming these rules onto the corpuscular-wave dualism, we can assume that corpuscular interactions flow along the potential gradient (principle of adding reciprocals of energies), and wave processes – against the potential gradient (principle of algebraic addition of energies). Such an approach is confirmed by the empiric equation, in which the act of quantum action is narrowed to the energy redistribution in the system “particle – wave”.*

*It is demonstrated that the angular vector of rotational-translation motion of electrons at quantum transitions changes in compliance with the quantum number of the square tangent of this angle.*

**Ключевые слова:** градиент потенциала, квантовые переходы, корпускулярно-волновой дуализм, геодезический угол, тутовый шелкопряд.

**Keywords:** potential gradient, quantum transitions, corpuscular-wave dualism, geodesic angle, silkworm.

УДК 621.833.38

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-60-64

*А. С. Кузнецов*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. S. Kuznetsov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*А. М. Санников*, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. M. Sannikov*, Engineer, Institute of Mechanics, Kalashnikov ISTU)

**Метод расчета упругопластически тяжело нагруженной низкоскоростной спироидной передачи (Method for Analysis of Elastically and Plastically Heavy-Loaded Low-Speed Spiroid Gear)**

*Рассмотрена задача ЛТСА тяжело нагруженной низкоскоростной многопарной спироидной передачи с учетом влияния упругого контактного и изгибно-сдвигового и упругопластического контактного взаимодействия зубьев колеса и витков червяка. Задача ЛТСА упругопластически нагруженной передачи рассмотрена как комбинация двух задач: анализа – вычисление параметров нагруженного контакта; синтеза – поиска требуемой геометрии. Обоснован отказ от метода конечных элементов (МКЭ), обычно широко применяемого для решения задач ЛТСА. Приводится описание разработанного алгоритма расчета распределения нагрузки с учетом упругого и упругопластического характера многопарного контакта спироидной передачи, имеющей сложную пространственную геометрию. Предложена модель расчета величины пластической деформации в зависимости от первичной оценки перемещений в упругом контакте. Показано влияние погрешностей изготовления передачи на уровень нагруженности отдельных ее пар зуб – виток.*

*The paper considers the problem of LTCA for a heavy-loaded low-speed multi-pair spiroid gear with account of the influence of elastic contact and bending-and-shearing and bending-and-plastic contact interaction of gearwheel teeth and worm threads. The problem of LTCA of the elastically and plastically loaded gear is considered as combination of two problems: analysis (calculation of parameters of the loaded contact) and synthesis (search for the required geometry). Rejection of the finite-element method is substantiated, the method being widely applied for solving the problems of LTCA. Description is given for the developed algorithm for calculation of load distribution with account of the elastic and elastically plastic character of multi-pair contact of the spiroid gear having a complex spatial geometry. The model for calculation of the value of plastic deformation depending on the primary assessment of displacements in elastic contact is proposed. The influence of manufacturing errors of the gear on the loading level of its individual pairs “tooth-thread” is shown.*

**Ключевые слова:** ЛТСА, многопарная тяжело нагруженная передача, упругопластический контакт.

**Keywords:** LTCA, multi-pair heavy-loaded gear, elastic and plastic contact.

УДК 621.833.389; 621.914.5

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-64-67

*К. В. Богданов*, аспирант, Институт механики ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*K. V. Bogdanov*, Post-graduate, Institute of Mechanics, Kalashnikov ISTU)

*Д. А. Хватов*, магистрант, Институт механики ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*D. A. Khvatov*, Master's Degree Student, Institute of Mechanics, Kalashnikov ISTU)

**Реализация метода обработки витков червяка торцовой резцовой головкой на токарном станке с ЧПУ (Implementation of the Method for Machining the Worm Threads by a Face Cutting Head at CNC Lathe)**

*Рассмотрен вариант практической реализации метода предварительной обработки витков червяка на токарном станке с ЧПУ с применением многорезцового режущего инструмента чашечного типа, оснащенного стандартными сменными твердосплавными пластинами. Дается описание схемы модернизации токарного станка и конструкции стандартной чистой двусторонней торцовой головки для нарезания колес с круговым зубом. Сформулированы основные требования к модификации токарного станка с ЧПУ и зуборезной резцовой головки. Представлены главные зависимости для расчета параметров формообразования и методы расчета параметров станочных наладок. Также отражаются результаты предварительного нарезания витков червяка данным методом.*

*The paper considers the version of practical implementation of the method for preliminary machining of worm threads with application of a cup-type multi-cutter tool equipped with standard replaceable hard-alloy plates at the CNC lathe. The description is given for the scheme of modernizing the lathe and layout of the standard finishing double-sided face head for cutting of gearwheels with circular teeth. Basic requirements to modification of the CNC lathe and the gear cutting head are stated. Fundamental relations for calculation of generating parameters and methods for calculation of machine-tool settings are presented. The results of preliminary cutting of worm threads by the proposed method are demonstrated.*

**Ключевые слова:** обработка витков червяка, торцовая резцовая головка.

**Keywords:** machining of worm threads, face cutting head.

УДК 662.998-494

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-68-71

*А. Г. Элбакян*, аспирант, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. G. Elbakian*, Post-graduate, Votkinsk Branch of Kalashnikov ISTU)

*Б. А. Сентяков*, доктор технических наук, профессор, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*B. A. Sentyakov*, DSc in Engineering, Professor, Votkinsk Branch of Kalashnikov ISTU)

**Экспериментальное исследование процесса акустической обработки холстов из супертонкого базальтового волокна (Experimental Research of the Process of Acoustic Processing of Canvases of Super Thin Basalt Fiber)**

*Целью выполнения экспериментального исследования процесса акустической обработки образцов холстов из супертонкого базальтового волокна, полученных на действующей промышленной установке, реализующей дуплексную технологию их производства, является подтверждение эффекта уменьшения содержания неволоконистых включений в таких холстах и формирование рекомендаций для назначения параметров акустической обработки. Проблема по уменьшению процента содержания неволоконистых включений в холстах из базальтового волокна довольно актуальна. Их наличие снижает качество продукции, неволоконистые включения способны наносить мелкие травмы при контакте с холстами и являются субъектами загрязнения окружающей среды.*

*Причины возникновения неволоконистых включений кроются в физических параметрах технологического процесса и технических недостатках оборудования при получении базальтового волокна. Однако даже при оптимальной наладке производственного процесса холсты из базальтового волокна содержат довольно значительное количество неволоконистых*

стых включений. Образцы холстов, подготовленные для эксперимента, получены в процессе наладки оборудования, поэтому они содержат существенно больше неволокнистых включений, чем при отлаженной технологии их производства, что позволяет получить более наглядный эффект от воздействия на них звуком.

Проведенный ряд экспериментов с большим количеством образцов, одинаковых по размеру и сходных визуально, отобранных с одного участка рулонного холста, позволил определить рациональную частоту и уровень воздействующего на них звука. При этом определялась средняя масса всех выпавших из каждого образца неволокнистых включений под воздействием звука различной частоты, а также процентное содержание включений в образцах до и после акустического воздействия. Приведенные данные дают основание утверждать полезность воздействия акустического поля на уже сформированные первичные холсты для уменьшения содержания в них неволокнистых включений.

*The purpose of performing an experimental study of the process of acoustic processing of samples of canvases made from superthin basalt fiber obtained at an operating industrial plant that realizes the duplex technology of their production is to confirm the effect of reducing the content of non-fibrous inclusions in such canvases and to formulate recommendations for assigning parameters for acoustic processing. The problem of reducing the percentage of non-fibrous inclusions in canvas basalt fiber is quite urgent. Their presence reduces the quality of products, non-fibrous inclusions are capable of causing minor injuries on contact with canvases and they are subjects of environmental pollution.*

*The causes of non-fibrous inclusions lie in the physical parameters of the technological process and the technical disadvantages of the equipment in the production of basalt fiber. However, even with the optimal adjustment of the production process, basalt fiber canvases contain a fairly large number of non-fibrous inclusions. Samples of canvases prepared for the experiment were obtained during the adjustment of equipment. Therefore, they contain substantially more non-fibrous inclusions than with the debugged technology of their production, which makes it possible to obtain a more visual effect from the impact on them by sound.*

*A series of experiments with a large number of samples, identical in size and similar visually selected from one section of the web, made it possible to determine the rational frequency and level of the sound acting on them. The average weight of all non-fibrous inclusions dropped from each sample under the influence of a different frequency sound was determined, as well as the percentage of inclusions in the samples before and after the acoustic impact. The presented data give grounds to assert the usefulness of the effect of the acoustic field on the primary canvases already formed to reduce the content of non-fibrous inclusions therein.*

**Ключевые слова:** супертонкое базальтовое волокно, акустическое поле, неволокнистые включения.

**Keywords:** super thin basalt fiber, acoustic field, non-fibrous inclusions.

УДК 621.833

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-71-74

*Д. Т. Бабичев*, доктор технических наук, доцент, Институт транспорта Тюменского индустриального университета (*D. T. Babichev*, DSc in Engineering, Associate Professor, Institute of Transport, Tyumen Industrial University)

**Основные задачи классической теории зубчатых зацеплений и проблемы оптимизационного синтеза профилей зубцов (Main Tasks of Classical Theory of Gearing and Problems of Optimization Synthesis of Tooth Surface)**

*В классической теории зубчатых зацеплений (по Ф. Л. Литвину) рассматривается две основные задачи: 1) задача синтеза – зная поверхность зубцов одного из звеньев, найти поверхность зубцов другого звена; 2) задача анализа (обратная задача) – известны поверхности зубцов двух подвижных звеньев, найти закон движения ведомого. Предлагается причислить к двум основным задачам теории зацеплений третью – синтез поверхностей зубцов по заданной поверхности зацепления. Эта задача с математической точки зрения суще-*

ственно иная, нежели две общепризнанные. Она не сводится к задаче синтеза по Литвину. Ее решают, **интегрируя численными методами дифференциальное уравнение** зацепления. Одна из причин предлагаемого нововведения – перспективность оптимизационного синтеза поверхностей зубцов, основанного на анализе качественных показателей во всех возможных местах контакта зубцов (по С. А. Лагутину – по всему пространству зацепления). При таком синтезе первоначально синтезируют линию или поверхность зацепления: их проводят по местам с наиболее благоприятными или с заданными значениями выбранного критерия нагрузочной способности. Поверхности контактирующих зубцов находят после синтеза линии (поверхности) зацепления. Рассмотрены некоторые проблемы, возникающие при оптимизационном синтезе, основанном на анализе свойств пространства зацепления: двойственность задачи синтеза передач при использовании в целевой функции приведенного радиуса кривизны, проблема вырождения целевой функции и др. Для снятия части этих проблем **нужен критерий качества, который, являясь локальным, не только оценивает локальный полезный эффект, но одновременно существенно влияет на глобальный показатель** (прежде всего на коэффициент перекрытия). В качестве такого критерия предложена удельная работа поверхностей  $A_F$  и обоснована целесообразность его использования.

*The classical theory of gearing (by Faydor Litvin) includes two main tasks: 1) **Task of Synthesis**: the tooth surface of one gearwheel is known, the tooth surface of the second gearwheel is to be determined. 2) **Task of Analysis** (reverse task): the tooth surfaces of two moving members are known, the law of motion is to be determined. It is proposed to add the third task to two main tasks of the theory of gearing: **tooth surface synthesis according to the assigned surface of meshing**. From mathematical point of view, this task is different significantly as compared to two common ones. It is not reduced to the Task of Synthesis by Litvin. It is solved by **integrating the differential equation of meshing by numerical methods**. One of the reasons of innovation is the perspective of optimization synthesis of the tooth surface based on analysis of quality indicators in all possible contact points (by Sergey Lagutin – in all space of meshing). Within such a synthesis, the line or surface of meshing is firstly synthesized: they are drawn in areas with the most favorable or assigned values of the chosen criterion of the load capacity. Surfaces of contacting teeth are determined after synthesis of the line (surface) of meshing. Certain problems are considered, that appear at optimization synthesis based on analysis of features of the space of meshing: the dualism of the task of gear synthesis when using the reduced radius of curvature in the target function, the problem of the target function degeneration and oth. For eliminating some of these problems, **the local quality criteria is required that estimates the local positive effect and simultaneously influences the global indicator** (first of all, the contact ratio). It is proposed and substantiated to apply the specific work of surfaces  $AF$  as such a criterion.*

**Ключевые слова:** теория зубчатых зацеплений, качественные показатели высших пар, оптимизационный синтез поверхностей зубцов.

**Keywords:** theory of gearing, quality parameters of higher pairs, optimization synthesis of tooth flanks.

УДК 621.833

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-74-76

*А. Н. Головкин, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (A. N. Golovko, Naberezhnye Chelny Institute, branch of Kazan Federal University)*

*С. Ю. Юрасов, кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (S. Yu. Yurasov, PhD in Engineering, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute, branch of Kazan Federal University)*

**Усовершенствованная конструкция шевера с винтовыми режущими кромками для чистовой обработки зубьев зубчатых колес (Advanced Design of a Gear Shaving Cutter with the Screw Cutting Edges for Finish Machining of Teeth of Gearwheels)**



Известны конструкции инструментов для чистовой обработки зубьев эвольвентных зубчатых колес со спирально-винтовыми режущими кромками, выполненными на одной боковой стороне витков. Обработка зубчатых колес производится при согласованном вращении инструмента и детали вокруг своих осей и перемещении их относительно друг друга в осевом направлении детали, причем обработка правой и левой стороны профиля зубьев возможна только после переустановки колеса. Недостатком этих инструментов является сложность конструкции и технологии изготовления. Известна конструкция инструмента червячного типа для чистовой обработки зубьев эвольвентных зубчатых колес (авторы Н. А. Чемборисов, Р. М. Хисамутдинов, В. А. Авдеев), выполненного с непрерывными винтовыми режущими кромками, при этом его винтовая поверхность имеет прямоугольный профиль. Недостатком этого инструмента является то, что режущий клин при его работе имеет не вполне удовлетворительную геометрию: передние и задние углы на режущих кромках практически равны нулю. Известен также инструмент (шевер) для чистовой обработки зубьев эвольвентных зубчатых колес, выполненный с непрерывными винтовыми режущими кромками, отличающийся от конструкции Чемборисова Н. А. и соавторов тем, что режущий клин имеет конструктивно выполненный задний угол (авторы Н. В. Сморкалов, В. П. Скрипин, В. П. Птицын, Ю. Ф. Белугин). Последовательная обработка правой и левой стороны профиля зубьев колеса разными винтовыми режущими кромками данным инструментом обеспечивает повышение его стойкости, а также существенно уменьшает вспомогательное время, исключая необходимость переустановки колеса и тем самым повышает производительность процесса. Разработана усовершенствованная конструкция шевера с винтовыми режущими кромками для чистовой обработки зубьев зубчатых колес, которая позволяет улучшить врезание инструмента в металл, уменьшить деформацию стружки и улучшить ее сход, уменьшить силу и мощность резания.

*Designs of tools for finish processing of teeth of involute gears with the spiral screw cutting edges executed on one lateral face of rounds are known. Processing of tooth gears is made at the coordinated rotation of the tool and a part around the shafts and their conveyance relatively to each other in the axial direction of a part, and processing of the right and left side of a cross-section of teeth is possible only after reinstallation of a wheel. Lack of these tools is complexity of the design and manufacturing techniques. The design of the tool of the worm type for finish processing of teeth of involute gears is known (Authors: N. A. Chemborisov, R. M. Khisamutdinov, V. A. Avdeev) executed with the continuous screw cutting edges, at the same time its screw surface has a rectangular cross-section. Lack of this tool is that the cutting chock during its work has not quite satisfactory geometry: front and rear angles on the cutting edges are almost equal to zero. Also the tool (gear shaving cutter) for finish processing of teeth of involute gears executed with the continuous screw cutting edges, different from Chemborisov N. A. design is known by the fact that the cutting chock has a structurally executed rear angle (Authors: N. V. Smorkalov, V. P. Skripin, V. P. Ptitsyn, Yu. F. Belugin). As for this tool, the serial processing of the right and left side of a cross-section of teeth of a wheel by different screw cutting edges provides the increase in its firmness, and also significantly reduces auxiliary time, eliminating the need of reinstallation of a wheel and, thereby, increases the process productivity. The advanced design of a gear shaving cutter with the screw cutting edges is developed for finish processing of gear teeth which allows to improve the incision of the tool in metal, to reduce deformation of shaving and to improve its descent, to reduce the cutting force and power.*

**Ключевые слова:** конструкция, шевер, чистовая обработка, зубья, зубчатое колесо.

**Keywords:** design, shaving cutter, finish processing, teeth, gearwheel.

УДК 621.833.38

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-76-81

Е. С. Трубачев, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (E. S. Trubachev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Т. В. Савельева, Институт механики ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (T. V. Savelyeva, Engineer, Institute of Mechanics, Kalashnikov ISTU)

*Т. А. Пушкарева*, студентка, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*T. A. Pushkareva*, Student, Kalashnikov ISTU)

*Л. Н. Фарушкина*, студентка, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*L. N. Farukshina*, Student, Kalashnikov ISTU)

### **Некоторые результаты проектирования и освоения серийного производства ответственной червячной передачи (Some Results of Designing and Mastering the Series Production of a Responsible Worm Gear)**

*Рассмотрен пример практического применения методики проектирования ответственной червячной передачи с учетом высоких требований к плавности работы, пятну контакта и боковому зазору и при условии минимальных вложений в модернизацию производства. Оптимизационное проектирование проведено с учетом ограничений-равенств (расположение звеньев, параметры заданного высокоточного стандартного зуборезного инструмента, параметры продольной и профильной модификации зубьев), ограничений-неравенств (диаметры звеньев, передаточное отношение) и цели – максимизации эксплуатационных характеристик передачи. Приведены основные варианты проектных решений и их характеристики. Рассмотрены аспекты технологической подготовки и отладки производства: выбор маршрута обработки звеньев, средств оснащения и контроля передачи, исследование точности производства с учетом случайного характера первичных геометрических, контролируемых и функциональных показателей точности. Приведены результаты расчетов и практические результаты сборки и контроля серийных передач.*

*The paper considers the example of practical implementation of a technique for designing a responsible worm gear with account of high demands to smoothness of operation, contact pattern and backlash at minimum investments to modernization of manufacturing processes. Optimization design has been carried out by considering the restrictions-equalities (arrangement of gear elements, parameters of the assigned high precision standard gear cutting tool, parameters of longitudinal and profile modification of teeth), restrictions-inequalities (diameters of gear elements, gear ratio) and the purpose, that is, maximization of certain performance characteristics of the gear. Basic versions of the design solutions and their characteristics are given. Aspects of manufacturing preparation and setting of production are considered: choice of the route of gear element machining, means of gear tooling and control, investigation of the production accuracy with account of the random character of primary geometrical, controlled and functional characteristics of the accuracy. Calculation results and practical results of the assembly and control of series gears are given.*

**Ключевые слова:** червячная передача, локализованный контакт, точность.

**Keywords:** worm gear, localized contact, accuracy.

УДК 621.9.025

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-82-84

*Е. А. Рябов*, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (*E. A. Ryabov*, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University)

*С. Ю. Юрасов*, кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (*S. Yu. Yurasov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University)

*А. Г. Кондрашов*, кандидат технических наук, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (*A. G. Kondrashov*, PhD in Engineering, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University)

**Создание модели червячной зуборезной фрезы с использованием эквивалентной зубчатой рейки (Modeling of Hob Cutter Using Comparable Gear Rack)**

Рассмотрена последовательность создания параметрической модели червячной зуборезной фрезы. Параметрическое моделирование имеет ряд особенностей, связанных с постоянным перестроением по изменяемым параметрам. Существуют предельные значения, при которых могут иметь место самопересечения, новые или паразитные грани, которые отсутствуют при проектировании конкретной модели инструмента. Параметрическое моделирование также предполагает создание удобного интерфейса для взаимодействия оператора с моделью. Построение производилось в системе NX, диалоговые окна создавались в приложении «Студия шаблона изделия». Было принято решение поделить проектирование на 3 составляющие. Первое – это полный автоматизированный расчет на основе базовых параметров колеса. Второе – возможность редактирования параметров модели на основе применяемых на конкретном производстве инструментов. Третье – сводная таблица всех получившихся параметров. Представлены в аналитическом виде формулы расчета фланка и протуберанца на фрезе на основе эквивалентного зубчатого колеса. Эквивалентное колесо рассчитывается через отношение инволюты торцового угла к инволюте угла исходного контура. Получается эквивалентное прямозубое колесо с новыми параметрами модуля и диаметрами, для которого и ведется классический расчет червячной фрезы. Представлен метод построения, основанный на эквивалентной рейке. Использование эквивалентных элементов для упрощения построений распространено, однако аппроксимация профиля при этом не должна быть больше допуска на построение, который составляет 30...50 % от допуска на измерение.

Представлены результаты измерения с помощью трехмерного оптического сканера ATOSIII. Rev.02, который оказался неприменим для точного измерения элементов режущего инструмента ввиду недостаточной стабильности измерения. Главным недостатком измерения трехмерным оптическим сканером оказалась невозможность введения корректировок при дальнейшем изготовлении и переточки получаемой червячной фрезы из-за случайного характера распределения погрешностей измерения.

*The sequence to create a parametric model of hob cutter is considered in the paper. Parametric modeling has a number of features associated with the permanent rebuilding by changeable parameters. There are limit values which can have self-intersections, new or spurious edges that do not exist in the design of a specific model of a hob cutter. Parametric modeling also involves the creation of a friendly interface for operator interaction with the model. It was constructed in NX, the dialog box was created in the application "template Studio products." It was decided to split the design into 3 components. The first is the fully automated calculation based on the basic parameters of the wheel. The second is the ability to edit the parameters of the model based on the applied in the specific manufacturing conditions. The third is a summary table of all the resulting parameters. The calculation formula of the flank and clearance lug in hob cutters are presented in the analytical form on the basis of equivalent gears. The equivalent gear wheel is calculated through the ratio of the involute function of the end angle to the involute function of the original contour angle. The equivalent spur wheel with new module settings and diameters is obtained, which is the classic calculation of the hob cutter. A method of development based on the equivalent rack is presented. The use of equivalent elements for simplicity of development is common, but the approximation of the profile should not be greater than the tolerance on the modeling, which is 30-50% of the tolerance on the measurement. The paper presents the results of a measurement using three-dimensional optical scanner ATOSIII. Rev. 02, which was not suitable for accurate measurement of the elements of the cutting tool in view of the insufficient stability of the measurement. The main drawback of measuring a three-dimensional optical scanner was the impossibility of introducing corrections in the further manufacture and regrinding the resulting hob due to the random nature of the distribution of measurement errors.*

**Ключевые слова:** червячная фреза, параметрическое моделирование.

**Keywords:** hob cutter, parametric modeling.

УДК 621.9.06

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-85-87

*Р. М. Хусаинов*, кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (*R. M. Khusainov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University)

*Р. Р. Хазиев*, аспирант, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (*R. R. Khaziev*, Post-graduate, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University)

*С. Ю. Юрасов*, кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (*S. Yu. Yurasov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University)

### **Математическое моделирование точности нарезания зубчатых колес на зубодолбежных станках (Mathematical Modeling of the Accuracy of Gear Cutting at the Gear-Shaping Machines)**

*Представлена математическая модель для оценки показателей точности нарезаемого колеса в зависимости от первичных погрешностей технологической системы. Выполняется представление процесса обработки зубчатого венца на зубодолбежном станке как совокупности взаимосвязанных формообразующих движений. Каждое движение выполняется отдельным узлом станка и моделируется отдельной матрицей преобразования координат. На основании матриц преобразования координат и уравнения эвольвентной поверхности инструмента в матричной форме выводится уравнение обрабатываемой поверхности. Это уравнение является основой для анализа формы рабочей поверхности зубчатого колеса, возможностей формообразования на данном станке и для определения в математической форме выходной точности станка. Влияние погрешностей каждого узла отображается через матрицу вариации, компонентами которой являются проекции погрешностей узлов на оси координат. Погрешности узлов определяются путем испытаний на геометрическую, кинематическую точность, а также на жесткость и на тепловые деформации. Комбинированием матриц вариаций каждого узла и матричного уравнения обрабатываемой поверхности выводится уравнение выходной погрешности станка в виде матрицы-столбца. Компоненты этой матрицы приводятся к обрабатываемой поверхности через проекцию на линию станочного зацепления. В результате получается уравнение отклонений реальной формы зубчатого колеса от номинальной. Компоненты этого уравнения приводятся к тангенциальным и к радиальным составляющим. Далее полученные величины пересчитываются в стандартизованные отклонения точности зубчатого колеса, а именно, тангенциальные составляющие пересчитываются в значение кинематической погрешности зубчатого колеса и в погрешность окружного шага, а радиальные составляющие – в значение радиального биения зубчатого венца и в значение колебания измерительного межосевого расстояния на одном зубе. Это позволяет прогнозировать возможность получения изделия заданной точности на данном станке, а также контролировать конкретные параметры технологической системы для обеспечения точности и стабильности технологического процесса.*

*This paper examines the impact of the geometric and kinematic errors of gear shaping machines for accuracy of processed wheels. The equation of the machined surface is proposed based on coordinate transformation matrices and equations of involute surface of the tool in the form of a matrix equation. Impact of errors of the technological system elements is displayed by a matrix of variations, components of which are the projection of errors on the axis. The errors of machine units are determined by testing for geometric, kinematic accuracy, as well as for stiffness and thermal deformation. By combining the variation matrices of each unit and the matrix equation of the surface being processed, the equation of the output error of the machine in the form of a column matrix is displayed. The components of this matrix are brought to the machined surface through a projection on the line of machining action. As a result, the equation of deviations of the real shape*

*of the gear from the nominal shape is displayed. The components of this equation are brought to the tangential and to the radial components. Next, the obtained values are translated into a standardized deviation of the gear accuracy. This makes it possible to predict the possibility of obtaining products specified accuracy on this machine, as well as to control the specific parameters of the technological system to ensure the accuracy and stability of the process.*

**Ключевые слова:** точность зубчатых колес, зубодолбежный станок, геометрическая точность, кинематическая погрешность, радиальное биение, функция формообразования.

**Keywords:** gear accuracy, gear shaping machine, geometric accuracy, kinematic error, radial runout, shaping function.

УДК 62-233.3/9

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-87-90

*М. В. Печенкин*, кандидат технических наук, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева (КАИ) (*M. V. Pechenkin*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev (KAI))

*А. Р. Абзалов*, кандидат технических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева (КАИ) (*A. R. Abzalov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev (KAI))

*В. Э. Шустов*, ОАО «Адм-ПРОФ», Санкт-Петербург (*V. E. Shustov*, ADM-Prof LLC, Saint-Petersburg)

**К вопросу разработки методики измерения параметров зубчатых колес с гиперболоидной делительной поверхностью и назначения норм точности (To the Question of Developing a Technique for Measuring the Parameters of Gears with a Hyperboloidal Dividing Surface and Assigning the Accuracy Standards)**

*Рассмотрены вопросы применения существующих инструментальных средств контроля для измерения параметров зубчатых колес с гиперболоидными делительными поверхностями. Приведены рекомендации по выбору инструментальных средств измерений с учетом геометрических особенностей рассматриваемых зубчатых колес. Предложен подход к измерению параметров зубчатого колеса с помощью 3D координатно-измерительных машин. Измерение параметров зубчатых колес с гиперболоидной делительной поверхностью предполагается производить с использованием данных в виде облака точек, полученного на 3D координатно-измерительных машинах. Для осуществления предлагаемого подхода поверхность физической модели зубчатого колеса сканируют на 3D координатно-измерительной машине. Далее преобразуют облако точек до САД-модели и осуществляют вспомогательные построения, либо используют автоматическое сравнение в программных комплексах «реальной» поверхности зубчатого колеса с «идеальной». Для обоснованного назначения норм точности предложено подвергать анализу влияние погрешностей изготовления отдельных элементов на показатели плавности хода, норм кинематической точности в САД-системах в приложении NX «Симуляция кинематических механизмов». Анализу подвергается контакт зубьев и плавность передачи нагрузки в виртуальной среде. В процессе анализа используется твердотельная модель, полученная на 3D координатно-измерительной машине по физической модели зубчатого колеса. При осуществлении виртуального анализа моделируются погрешности изготовления элементов кинематической пары, предусматривается нагрузка в виде момента трения. По результатам имитационного моделирования принимается решение о назначении норм точности. Рассмотренные подходы предполагается использовать в качестве основы для разработки методики измерения параметров и рациональному назначению норм точности зубчатых колес с гиперболоидными делительными поверхностями.*

*The issues of using existing monitoring tools for measuring the parameters of gears with hyperboloidal dividing surfaces are considered. Recommendations are given for the choice of instrumental measuring instruments, taking into account the geometric features of the gear wheels in ques-*

tion. An approach is proposed for measuring the parameters of a cogwheel using 3D coordinate measuring machines. Measurement of the parameters of gears with a hyperboloidal dividing surface assumes the use of data from a point cloud obtained on 3D coordinate measuring machines. To implement the proposed approach, the surface of the physical model of the cogwheel is scanned on a 3D coordinate measuring machine. Further, convert the point cloud to the CAD model and perform auxiliary constructions, or use automatic comparison in the software complexes of the “real” surface of the gear wheel with the “ideal” one. For a justified assignment of the accuracy standards, it is suggested to analyze the effect of manufacturing errors of individual elements on the indicators of smoothness of motion, kinematic accuracy in CAD-systems in NX “Simulation of kinematic mechanisms”. The tooth contact is analyzed and the load transfer is smooth in a virtual environment. In the process of analysis, a solid model is used, obtained from a 3D coordinate measuring machine based on the physical model of the gear wheel. In the implementation of virtual analysis, the errors in the manufacture of kinematic pair elements are modeled, and the load in the form of a friction torque is provided. Based on the results of the simulation, a decision is made to assign the accuracy standards. The considered approaches are supposed to be used as a basis for developing a methodology for measuring parameters and rationally assigning accuracy standards for gears with hyperboloidal dividing surfaces.

**Ключевые слова:** измерение гиперboloидных зубчатых колес, нормы точности.

**Keywords:** measurement of hyperboloid gears, accuracy standards.

УДК 621.833.61

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-90-93

А. Л. Филипенков, доктор технических наук, профессор, Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург (A. L. Filipenkov, DSc in Engineering, Professor, Baltic State Technical University “Voennmeh” named after D. F. Ustinov, Saint-Petersburg)

А. К. Пишизов, ОАО «ЗАРЕМ», Санкт-Петербург (A. K. Pshizov, OJSC “ZAREM”, Saint-Petersburg)

### **Планетарные редукторы, встраиваемые в барабаны грузовых лебедок судовых кранов (Integrated Planetary Gearboxes for Hoisting Winches in Shipboard Cranes)**

Описаны конструкции редукторов, выполненных по дифференциально-замкнутой схеме для грузовых лебедок судовых кранов. Каждый из редукторов является отдельной сборочной единицей и встраивается во внутреннюю полость барабана. Разработка вариантов опирается на режимы нагрузки, а также комплекс исследований несущей способности зубчатых передач, опор сателлитов и закономерностей распределения нагрузки между элементами планетарной передачи.

В основе разработанных редукторов лежит планетарная передача типа А. Выбор таких передач во многом обусловлен необходимостью обеспечения массо-габаритных показателей и реализацией кинематических особенностей привода. В статье обосновано применение передач типа А.

Передачное отношение в некоторых вариантах разработанных конструкций реализуется путем комбинирования типов передач, а именно одним рядом цилиндрической передачи и несколькими рядами планетарных передач. В одном из случаев, когда быстроходная ступень выполнена цилиндрической, привод осуществляется от двух гидромоторов, а в другом – от восьми. Особенностью второго варианта является необходимость размещения восьми гидромоторов по окружности относительно центральной оси редуктора с обеспечением требуемого диаметрального габарита и, что самое важное, необходимых прочностных характеристик зубчатых передач. Частота вращения вала гидромотора для этого редуктора составляет порядка 10000 об/мин.

Разработаны варианты, в которых предусмотрено уменьшение габаритного размера редуктора в осевом направлении. Принято решение отказаться от применения по классиче-

ской схеме сферических роликовых двухрядных самоустанавливающихся подшипников в опорах сателлитов. Радиальную нагрузку от троса барабана воспринимает подшипник, установленный на водило тихоходной ступени редуктора. Полученные результаты полностью отвечают требованиям технического задания.

*The constructions of planetary gearboxes for hoisting winches of shipboard cranes which were made according to the differential closed scheme are described. Each gearbox is a separately assembled unit and it is built-in into a winch's drum. Designing different variants of construction is based on load conditions analysis caused by dynamic loads in drum type cement mills and also based on researches of load bearing capacity, satellites' support and regularity of load distribution between bearing elements of a planetary gear.*

*The construction of the designed gearboxes is based on the planetary gear type A. The choice of these gears is due to necessity to meet the demanded weight and size characteristics and to implement kinematic characteristics of the drive unit.*

*The gear ratio in some variants is implemented by combination of types of gearing: one stage is a cylindrical gear and several stages are planetary. In one case when a high speed stage is a cylindrical gear, the drive is operated from two hydro motors, in the second one – from eight. The feature of the second variant is the necessity to place eight hydro motors in a circle about the main axis of gearbox meeting the required diametric size and required characteristics of endurance of gears. The high speed shaft rotation frequency is approximately 10000 Rpm.*

*We designed the constructions where we provided the possibility to decrease the size of the gearbox in the axial dimension. We decided not to use the spherical roller bearings in satellites' supports. The bearing is mounted on the carrier of the last stage of the gearbox. This bearing takes the radial load from the cable of the winch. The obtained result fully meets technical requirements.*

**Ключевые слова:** планетарная передача, дифференциально-замкнутая схема, редуктор, грузовая лебедка, сателлит.

**Keywords:** planetary gear, differentially locked scheme, gearbox, hoisting winch, satellite.

УДК 621.822

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-93-97

Ф. Г. Нахатакян, доктор технических наук, Институт машиноведения имени А. А. Благоврава РАН, Москва (*F. G. Nakhatakyan, DSc in Engineering, Institute of Machine Science named after A. A. Blagonravov of RAS, Moscow*)

### **Жесткость роликовых подшипников с учетом радиального зазора (Hardness of Roller Bearings with Radial Clearance)**

*На основе ранее предложенного автором метода изложено аналитическое определение жесткости роликовых подшипников при наличии в них радиального зазора. Для решения задачи предварительно аналитически определены параметры при отсутствии зазоров-натягов в подшипнике: распределение нагрузки по телам качения; максимальная нагрузка на ролик; перемещения в подшипниках и количество нагруженных роликов. Далее все указанные параметры определены при наличии зазоров в подшипнике. Для удобства расчетов все указанные параметры представлены также в безразмерном виде. С помощью полученных формул построены графики зависимостей указанных параметров от величины зазора.*

*Based on the method previously proposed by the author, an analytical definition of the stiffness of roller bearings is provided in the presence of a radial clearance in them. To solve the problem, the parameters were preliminarily analytically determined in the absence of clearance gaps in the bearing: the distribution of the load along the rolling elements; The maximum load on the roller; Moving in the bearings and the number of loaded rollers. Further, all specified parameters are determined in the presence of gaps in the bearing. For the convenience of calculations, all these parameters are also presented in a dimensionless form. Using the obtained formulas, graphs of the dependences of the indicated parameters on the gap size are plotted.*

**Ключевые слова:** упругая податливость подшипников, количество нагруженных роликов, зазор в подшипнике, жесткость подшипника.

**Keywords:** elastic compliance of bearings, number of loaded rollers, clearance in the bearing, bearing stiffness.

УДК 621.9.048.7

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-97-102

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

**Перспективы применения лазерной обработки (ЛО) для повышения надежности и технического уровня зубчатых колес трансмиссий и приводов (Perspectives of Laser Treatment (LT) to Increase the Reliability and Technical Level of Gearwheels for Transmissions and Drives)**

*Рассматривается метод поверхностной обработки металлов и сплавов с использованием высококонцентрированных потоков энергии – лазерное поверхностное упрочнение, которое заключается в воздействии интенсивного потока энергии на локальный участок поверхности материала.*

*The paper presents the method of superficial processing of metals and alloys with use of highly concentrated streams of energy – laser superficial hardening which implies affecting a local site of a material surface with an intensive stream of energy.*

**Ключевые слова:** лазерное упрочнение, термоупрочнение, износостойкость, поверхностный слой.

**Keywords:** laser hardening, thermal hardening, wear resistance, surface layer.

УДК 621.833

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-102-107

*В. Е. Антонюк*, доктор технических наук, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск (*V. E. Antonjuk*, DSc in Engineering, Joint Institute of Mechanical Engineering of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk)

*А. М. Гоман*, кандидат технических наук, доцент, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск (*A. M. Goman*, PhD in Engineering, Associate Professor, Joint Institute of Mechanical Engineering of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk)

*Н. Н. Ишин*, доктор технических наук, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск (*N. N. Ishin*, DSc in Engineering, Joint Institute of Mechanical Engineering of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk)

*М. М. Кане*, доктор технических наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Минск (*M. M. Kane*, DSc in Engineering, Professor, Belarusian National Technical University, Minsk)

*В. В. Комиссаров*, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель (*V. V. Komissarov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Belarusian State University of Transport, Gomel)

*А. С. Скороходов*, кандидат технических наук, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск (*A.S. Skorokhodov*, PhD in Engineering, Joint Institute of Mechanical Engineering of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk)

*Л. А. Сосновский*, доктор технических наук, профессор, ООО «НПО Трибофатика», Гомель (*L. A. Sosnovskiy*, DSc in Engineering, Professor, S&P Group Tribofatigue Ltd., Gomel, Belarus)

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



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

**Проблемы стандартизации в области зубчатых передач и некоторые результаты разработки нормативной документации. Часть 1. Стандартизация в области точности, видов повреждений и изготовления зубчатых передач (Problems in Gearing Standardization and Some Results in Normative Documentation Development. Part 1. Standardization in the field of gear precision, failure modes and manufacturing)**

*Рассматривается современное состояние и общие тенденции в развитии системы стандартизации в области зубчатых передач. Обсуждаются проблемы гармонизации стандартов ГОСТ, СТБ с международными и национальными стандартами других стран, в частности, стандартов, регламентирующих требования по геометрии исходных контуров, показателей точности, детерминированным и вероятностным методам расчета на прочность, то есть вопросы разработки рекомендаций по созданию проекта новых базовых стандартов, не противоречащих требованиям стандартов ISO и сохраняющих полезные стороны отечественных документов, имеющих многолетний опыт использования. Кроме того, при переходе к международным стандартам необходимо учитывать специфику установленных норм прочности, производства и эксплуатации зубчатых передач в различных отраслях техники. Показаны недостатки стандартов ГОСТ на зубчатые передачи, которые ранее были основой, регулирующей отношения между покупателями и производителями зубообрабатывающего оборудования и инструментов. В настоящее время зарубежное станкостроение создало принципиально новые конструкции оборудования и инструмента для производства и контроля зубчатых передач. Принципиально изменилась технология изготовления зубчатых передач. Отечественные изготовители зубчатых передач продолжают пользоваться устаревшими стандартами и сохраняют принципы старых технологий изготовления зубчатых передач. В связи с необходимостью реагировать на требования по снижению шума и повышению ресурса зубчатых передач начинается закупка отдельных видов зарубежного зубообрабатывающего оборудования. Попытки внедрить современное зубообрабатывающее оборудование для изготовления зубчатых передач по устаревшим стандартам ГОСТ и в устаревшие технологии в конечном итоге не приводит к требуемому улучшению качества изготовления зубчатых передач. Отдельные разделы посвящены конкретному описанию стандартов, касающихся видов повреждений зубчатых колес и технологических процессов их изготовления.*

*The modern situation and general trends in the development of gearing standardization system is considered. The problems of harmonization of standards GOST and STB with international and national standards of foreign countries are discussed, in particular, the standards, regulating demands on basic rack tooth profiles, accuracy indices, deterministic and probabilistic methods of strength design, that is, the development of recommendations for making a new key standards, which do not contradict with the requirements of ISO standards and retaining the useful part of domestic documents, with many years of experience are discussed. In addition, during the transition to international standards it is necessary to take into account the specifics of the established standards of strength, production and operation of gears in various branches of engineering. The drawbacks of the GOST standards for gears are shown, that were previously the basis to regulate the relations between buyers and producers of gear cutting equipment and tools. Currently, foreign machine tool industry has created a fundamentally new design of equipment and tools for production and control gears. The technology of gear manufacturing has been basically changed. Domestic manufacturers of gears continue to use the outdated standards and the principles of old technologies of gear transmission manufacturing are retained. In connection with the need to respond to requirements to reduce noise and increase the service life of gears the purchase of certain types of foreign gear cutting equipment starts. Attempts to introduce modern gear cutting equipment for the manufacture of gears on outdated GOST standards and outdated technology ultimately does not lead to the desired improvement of manufacturing quality gears. In separate sections the specific description of elaborated standards is given, in particular: gear failure modes, gear production methods.*

**Ключевые слова:** зубчатые передачи, стандартизация, гармонизация, исходный контур, показатели точности, виды повреждений зубчатых колес.

**Keywords:** gear drives, standardization, harmonization, basic rack tooth profile, accuracy indices, gear failure modes.

УДК 621.833:539.4

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-107-112

*В. В. Комиссаров*, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель (*V. V. Komissarov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Belarusian State University of Transport, Gomel)

*Е. С. Таранова*, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель (*E. S. Taranova*, Belarusian State University of Transport, Gomel)

*П. С. Дробышевский*, ОАО «Гомсельмаш» (*P. S. Drobyshevsky*, OJSC “Gomselmash”)

*В. О. Замятнин*, ОАО «Гомсельмаш» (*V. O. Zamyatin*, OJSC “Gomselmash”)

*С. А. Тюрин*, кандидат технических наук, ОАО «Гомсельмаш» (*S. A. Tyurin*, PhD in Engineering, OJSC “Gomselmash”)

*Л. А. Сосновский*, доктор технических наук, профессор, ООО «НПО Трибофатика», Гомель (*L. A. Sosnovskiy*, DSc in Engineering, Professor, S&P Group Tribofatigue Ltd., Gomel, Belarus)

**Об опыте изготовления и эксплуатации зубчатых колес из нового конструкционного материала «Моника»** **About Experience of Manufacture and Maintenance of Gears From the New Structural Material “Monika”** ()

*Представлены результаты опыта создания чугунных зубчатых колес диаметром около 0,5 м бортовых редукторов высокопроизводительных кормоуборочных и зерноуборочных комбайнов производства ОАО «Гомсельмаш» из специального высокопрочного чугуна марки ВЧТГ с высокими механическими свойствами («Моника») (патент РБ № 15617). Приводятся результаты отработки технологии литья и исследований комплекса механических и служебных свойств чугуна ВЧТГ, результаты расчеты нагруженности и долговечности зубчатых колес из данного материала, а также данные о натурных (эксплуатационных) испытаниях зубчатых колес в составе бортовых редукторов самоходных сельскохозяйственных комбайнов.*

*Results of experience of creation of iron tooth gears in diameter about 0,5 m of board gearboxes of high-duty harvesters of production of OJCS "Gomselmash" from a special high-test cast iron of brand VCHTG with high mechanical properties ("Monika") (patent RB № 15617) are presented. Results of working off of technique of casting and probes of a complex of mechanical and auxiliary properties of iron VCHTG, results of calculations for stress loadings and longevities of gears from the given material, and also the data about operation trials of gears as a part of board gearboxes of harvesters are given.*

**Ключевые слова:** зубчатые колеса, высокопрочный чугун, комбайн, технология, механические свойства, эксплуатационные испытания.

**Keywords:** gears, high-test cast iron, harvester, technique, mechanical properties, operational trials.

УДК 621.822

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-112-117

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

*Е. С. Трубачев*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. S. Trubachev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*Е. В. Харанжевский*, доктор технических наук, Удмуртский государственный университет, Ижевск (*E. V. Kharanzhevskiy*, DSc in Engineering, Udmurt State University, Izhevsk)

А. Г. Ипатов, кандидат технических наук, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (A. G. Ipatov, PhD in Engineering, Izhevsk State Agricultural Academy)

К. В. Богданов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (K. V. Bogdanov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

Ю. Ю. Матвеева, АО «ИЭМЗ «КУПОЛ» (Yu. Yu. Matveyeva, JSC "IEMZ Kupol")

### **Новая технология лазерной модификации поверхностей низкоскоростных тяжело нагруженных опор скольжения (New Technique for Laser Modification of Surfaces of Low-Speed Heavy-Loaded Sliding Supports)**

*Жесткая конкуренция со стороны ведущих зарубежных производителей побуждает искать новые решения, казалось бы, в досконально изученной теме улучшения технико-экономических характеристик опор скольжения. Одним из лучших решений, применяемых в низкоскоростных тяжело нагруженных опорах, де-факто стало применение металлофторопластового листа (с нанесением порошковой бронзы, инфильтрованной фторопластом). В статье рассмотрены главные вопросы разработки альтернативного материала указанных опор путем создания на поверхности стального листа прочного антифрикционного состава на основе баббита, дисульфида молибдена и графита. В частности, рассмотрены вопросы подбора материала, лазерной обработки, сравнительного экспериментального исследования и отработки серийного производства опор скольжения, практически не уступающих по антифрикционным свойствам и долговечности лучшим зарубежным образцам, но отличающихся резко сниженной стоимостью.*

*Tough competition with leading foreign manufacturers stimulates searching for new solutions for supposedly thoroughly studied theme of improving the technical and economic performances of sliding supports. One of the best solutions used for low-speed heavy-loaded supports became in fact the application of metal fluoroplastic sheet (coated by powder bronze infiltrated by fluorine plastic). The paper considers the main issues of development of the alternative material of the mentioned supports by creating the strong antifriction composition on the surface of the steel sheet, the composition being based on babbitt, molybdenum disulphide and graphite. In particular, the issues of material selection, laser treatment, comparative experimental investigation and mastering the series production of sliding supports are presented. The mentioned supports are practically competitive with the best foreign samples in accordance with antifriction properties and durability, but they are advantageous in their significantly lower cost.*

**Ключевые слова:** подшипник скольжения, лазерная модификация поверхности.

**Keywords:** sliding bearing, laser modification of surfaces.

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УДК 338.45

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-118-121

Д. М. Маликова, кандидат экономических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (D. M. Malikova, PhD in Economics, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

### **Современные подходы к управлению опытно-серийным производством на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (Modern Approaches to the Management of Pilot-Series Production at Enterprises of the Defense-Industrial Complex)**

*Рассмотрен вопрос современных подходов к управлению опытно-серийным производством на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Автор раскрыл ключевые элементы серийного, опытного и опытно-серийного типов производства, которые легли в разработку модели организации опытно-серийного производства, предполагающую наличие подсистемы серийного производства и подсистемы производства опытно-экспериментальной продукции, действующих в пределах единой технологической базы. Кроме того, в работе с учетом особенностей предприятий оборонно-промышленного комплекса предложены основные подходы к управлению опытно-серийным производством: процесс-*

ный, комплексный и интеграционный. На основании этого сделан вывод об эффективности интеграционного подхода, позволяющего предприятиям оборонно-промышленного комплекса формировать эффективную инновационную систему управления опытно-серийным производством.

*The paper examines the question of modern approaches to the management of experimental production at the enterprises of the military-industrial complex. The author revealed the key elements of the serial, pilot and experimental-series production types, which formed the development model of the organization of pilot-batch production, suggesting the presence of a subsystem of a serial production and a subsystem of experimental production, operating within a single technological base. In addition to working with the features of enterprises of the defense-industrial complex the basic approaches are proposed to the management of the experimental production: process, integrated and integration. On this basis the conclusion is made about the effectiveness of the integration approach that allows the enterprises of the defense-industrial complex to form an effective innovation management system for the experimental-production.*

**Ключевые слова:** оборонно-промышленный комплекс, опытно-серийное производство, опытно-экспериментальная продукция, научные подходы к управлению, интеграционное управление производством.

**Keywords:** defense-industrial complex, experimental-series production, experimental production, scientific approaches to management, integration production control.

УДК 64.011.8

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-121-123

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

*Ж. С. Габриелян*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*G. S. Gabrielyan*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

### **Оценка рисков внедрения технологии «Зеленое строительство» (Assessment of Risks for Introduction of “Green Building” Technology)**

*Возведение зеленых зданий может способствовать решению множества проблем, основной из которых является повышение энергоэффективности. В целом стремление к переходу на зеленую архитектуру способствует улучшению окружающей среды, сохранению здорового общества, снижению уровня потребления энергетических и материальных ресурсов и развитию передовых технологий.*

*Для принятия решения о целесообразности внедрения энергосберегающих проектов производят расчеты их экономической эффективности. Необходимо учитывать неполноту и неточность информации, а также возможности нежелательных последствий при реализации проектов и получение меньшего экономического эффекта по сравнению с ожидаемым.*

*В настоящее время проблемам управления рисками при реализации инвестиционных энергосберегающих проектов уделяется недостаточно внимания, поэтому задача идентификации, оценки и снижения рисков энергосбережения является, безусловно, актуальной.*

*Проведена оценка рисков применения технологии «Зеленое строительство». На примере реального объекта капитального строительства, 16-этажного жилого дома в Ижевске, представлена система мониторинга, дающая возможность вносить в проект изменения, повышающие его энергоэффективность без снижения требований безопасности и минимизируя риск. Рассчитана экономическая эффективность от сокращения продолжительности строительства за счет применения современных материалов при строительстве.*

*The erection of green buildings can help solve many problems, the main one of which is the energy efficiency. In general, the desire to move to a green architecture contributes to the improvement of the environment, the preservation of a healthy society, the reduction of the level of consumption of energy and material resources, and the development of advanced technologies.*

*However, to make a decision on the feasibility of implementing energy-saving projects, they calculate their economic efficiency. It is necessary to take into account the incompleteness and inaccu-*

racy of the information, as well as the possibility of undesirable consequences in the implementation of projects and obtaining less economic effect than expected.

*At present, insufficient attention is paid to the problems of risk management in the implementation of investment energy-saving projects, therefore, the task of identifying, assessing and reducing the risks of energy saving is, of course, urgent.*

*The paper assesses the risks of using the Green Building technology. Using the example of a real capital construction site, a 16-story residential building in Izhevsk, a monitoring system is provided that allows the project to make changes that increase its energy efficiency without compromising security requirements and minimizing risk. Economic efficiency is calculated from the reduction of the duration of construction, due to the use of modern materials during construction.*

**Ключевые слова:** зеленое строительство, управление рисками, инвестиционно-строительные проекты, экономическая эффективность, энергоэффективность, экологичность.

**Keywords:** “green building”, risk management, investment and construction projects, economic efficiency, energy efficiency, environmental friendliness.

УДК 331.101.262

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-123-127

*А. В. Соклакова, кандидат экономических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. V. Soklakova, PhD in Economics, Kalashnikov ISTU)*

*В. Н. Лихачёв, кандидат экономических наук, Ижевск (V. N. Likhachev, PhD in Economics, Izhevsk)*

**Измерение экономических потерь, возникающих при оттоке человеческого капитала из страны (Measurement of Economic Losses from Workforce Outflow to Abroad)**

*В настоящей работе излагается методология расчета человеческого капитала по предельным капитальным ценам – по минимальной цене предложения и максимальной цене спроса на рабочую силу. Обоснована методология расчета ущерба, наносимого государству из-за оттока человеческого капитала за пределы страны, и приведен пример расчета по данным Росстата.*

*This paper expounds the methodology of human capital measuring by using the minimum price of workforce supply and the maximum price of demand for workforce. Authors substantiate the methods for measuring the state losses from workforce outflow and give a calculation example based on data of the Federal State Statistic Service of the Russian Federation.*

**Ключевые слова:** человеческий капитал, рабочая сила, инвесторы и собственники, измерение экономических потерь.

**Keywords:** human capital, workforce, investors and owners, measurement of economic losses.

УДК 336.13

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-128-130

*О. Л. Симченко, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (O. L. Simchenko, Postgraduate, Kalashnikov ISTU)*

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

**Теоретическое обоснование необходимости стимулирования и государственной поддержки инвестиционно-инновационного сектора региона (Theoretical Substantiation of the Need for Stimulation and State Support of the Investment and Innovation Sector in the Region)**

*Анализируются современное состояние, проблемы и перспективы инвестиционно-инновационного сектора региона. Целью данной статьи является обобщение принятых и реализованных государством мер для стимулирования инвестиционно-инновационного сектора и их результатов. Перечислены действующие инструменты стимулирования*

*инвестиционной активности в регионе. Сделан вывод о необходимости создания действенного механизма государственного регулирования и стимулирования инвестиционной деятельности предприятий. В этой связи предложены рекомендации, подлежащие учету при принятии решений о предоставлении той или иной поддержки со стороны государства.*

The paper analyzes the current state, problems and prospects of the investment and innovation sector in the region. The purpose of this paper is to summarize the measures taken and implemented by the state to stimulate the investment and innovation sector and their results. The current instruments for stimulating the investment activity in the region are listed. The conclusion is made that it is necessary to create an effective mechanism of state regulation and stimulate the investment activity of enterprises. In this regard, recommendations are proposed that should be taken into account when deciding on the provision of any support from the state.

**Ключевые слова:** инвестиционно-инновационный сектор, государственная поддержка, стимулирование, государственные преференции, налоговые льготы, субсидии, гарантии, показатели эффективности.

**Keywords:** investment and innovation sector, government support, promotion, public preferences, tax breaks, subsidies, guarantees, performance indicators.

УДК 338.49

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-131-134

*И. В. Матвеева*, аспирант, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики (*I. V. Matveeva*, Post-graduate, Saint-Petersburg University of Management Technologies and Economics)

*Е. Б. Хоменко*, доктор экономических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. B. Khomenko*, DSc in Economics, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

**Бизнес-инкубатор как институт информационной поддержки малых предприятий (Business Incubator as the Institute of Information Support of Small Enterprises)**

*Рассмотрены вопросы актуальности формирования развития системы бизнес-инкубаторов в Российской Федерации как условия повышения эффективности инструментов поддержки малого и среднего предпринимательства. Авторами сформулированы и обоснованы ключевые функции бизнес-инкубаторов в рамках совокупности институтов информационной поддержки малых предприятий на региональном уровне. В результате исследования сделаны выводы о необходимости разработки комплекса информационно-аналитических инструментов в деятельности бизнес-инкубатора как условие для реализации его информационной функции. Данная задача может быть решена посредством создания информационно-аналитического портала «Виртуальный бизнес-инкубатор».*

*In the paper the questions of the urgency of forming the development of the system of business incubators in the Russian Federation as conditions for increasing the effectiveness of tools for supporting small and medium-sized businesses are considered. The authors formulated and substantiated the key functions of business incubators within the framework of a set of institutions of information support for small enterprises at the regional level. As a result of the study, conclusions were drawn on the need to develop a set of information and analytical tools in the business incubator as a condition for the realization of its information function. This task can be solved by creating an information and analytical portal "A Virtual Business Incubator".*

**Ключевые слова:** инфраструктура поддержки предпринимательства, малые предприятия, информационная поддержка, бизнес-инкубатор, информационно-аналитический портал.

**Keywords:** business support infrastructure, small enterprises, information support, business incubator, information-analytical portal.

УДК 658.1(045)

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-134-137

*Н. Н. Пушина*, кандидат экономических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*N. N. Pushina*, PhD in Economics, Kalashnikov ISTU)

*С. М. Макарова*, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. M. Makarova*, Kalashnikov ISTU)

*С. А. Сунцова*, студентка, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. A. Suntsova*, Student, Kalashnikov ISTU)

**Формирование эффективной структуры управления наукоемким производством на разных стадиях его реализации (Forming of the Structure of Effective Management of the High-Tech Production at Different Stages)**

*Проанализированы теоретические основы и практические проблемы организационного проектирования наукоемкого производства.*

The theoretical basis and practical problems for organization of the high-tech production are analyzed in this paper.

**Ключевые слова:** наукоемкое производство, инновации, организационное проектирование, проектное управление, сетевая модель.

**Keywords:** high-tech manufacturing, innovations, organizational design, project management, network model.

УДК 332.122

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-137-140

*Е. В. Хоменко*, доктор экономических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*E. V. Khomenko*, DSc in Economics, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*А. Р. Оруджева*, студентка, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. R. Orudzheva*, Student, Kalashnikov ISTU)

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

**Технопарк как институт инфраструктурной поддержки инновационного предпринимательства в России (Techno-park as the Institute of Infrastructure Support of Innovative Entrepreneurship in Russia)**

*Рассмотрены особенности развития технопарков в России, проанализированы их виды, преимущества и недостатки в современных условиях. Раскрыт комплекс проблем, препятствующих превращению отечественных технопарков в полноценные технопарковые структуры. Обозначены приоритетные направления формирования технопарков на базе крупных промышленных предприятий как фактор повышения конкурентоспособности территорий. Подчеркнута актуальность создания инфраструктуры поддержки инновационного предпринимательства, способствующая эффективному взаимодействию субъектов малого и крупного бизнеса. Авторами сделан вывод об инфраструктурном влиянии экономической кластеризации и государственно-частного партнерства в регионе.*

*The peculiarities of setting up techno-parks in Russia, their varieties, advantages and disadvantages in modern conditions are discussed. A set of problems that prevent the transformation of domestic technology parks into full-fledged techno-park structures is revealed. Priority directions of formation of techno-parks on the basis of large industrial enterprises as the factor of increase of competitiveness of territories are designated. The relevance of creation of an infrastructure of support for innovative entrepreneurship, promoting the effective interaction of subjects of small and large business is emphasized. The authors made a conclusion about the infrastructural impact of economic clustering and public-private partnership in the region.*

**Ключевые слова:** технопарк, инфраструктура инновационного предпринимательства.

**Keywords:** techno-park, infrastructure of innovative entrepreneurship.

УДК 331.103.4

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-140-142

*Г. П. Раменская*, кандидат экономических наук, доцент, Российский государственный педагогический университет, Екатеринбург (*G. P. Ramenskaya*, PhD in Economics, Associate Professor, Russian State Professional Pedagogical University, Yekaterinburg)

*С. Е. Раменский*, кандидат биологических наук, Екатеринбург (*S. E. Ramensky*, PhD in Biology, Yekaterinburg)

*В. С. Раменская*, кандидат юридических наук, доцент, Уральская государственная юридическая академия, Екатеринбург (*V. S. Ramenskaya*, PhD in Jurisdiction, Associate Professor, Ural State Law Academy, Yekaterinburg)

### **Использование профессиональных стандартов для выбора работника из числа пенсионеров, желающих занять вакантное рабочее место (Use of Professional Standards for Employee Selection from the Number of Pensioners Wishing to Take the Vacant Workplace)**

*Изложены отдельные результаты проведенного исследования в рамках пилотного проекта об использовании профессиональных стандартов при анализе имеющихся вакансий на предмет их занятия пенсионерами, ищущими работу. Исследование показало, что в Екатеринбурге было размещено относительно большое количество объявлений о вакансиях для пожилых людей согласно профессиональному стандарту «Административно-управленческая и офисная деятельность». Кроме того, выявлено, что работодатель часто стремился совместить должностные обязанности нескольких вакансий. При решении практических задач подбора кадров следует применять как профессиональные стандарты, так и профессиограммы. Для обработки сведений о работниках массовых специальностей наиболее перспективно использовать последовательный анализ по многим признакам, а при оценке представителей уникальных, малочисленных профессий – кластерный анализ.*

*The paper outlines partial results of the performed study in terms of exploratory project about use of professional standards in the analysis of available vacancies for their occupation by pensioners looking for a job. The study showed, that a relatively large number of job vacancies for pensioners in Yekaterinburg was published according to the professional standard of «management and office duties». It is also revealed, that employers often sought to combine duties of several jobs in one open vacancy. Professional standards and profession diagrams should be used in solving practical issues of recruitment. For processing data about employees of widespread specialties it is the most perspective to use the sequential analysis by variety of attributes, and the cluster analysis for assessment of limited professions.*

**Ключевые слова:** профессиональные стандарты, профессиональный отбор, труд пенсионеров.

**Keywords:** professional standards, professional selection, labor of pensioners.

## **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

УДК 004.415.2

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-143-149

*В. Г. Тарасов*, кандидат технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. G. Tarasov*, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*А. О. Трифонов*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. O. Trifonov*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

### **Методика декларативного проектирования программного обеспечения: анализ требований к системе (Declarative Approach Design Technique: Requirements Analysis)**

*Рассматриваются актуальные проблемы современных методов проектирования программного обеспечения. Основными недостатками современных методов проектирования программного обеспечения являются несоответствие быстро меняющимся требованиям в*



условиях стремительно развивающейся индустрии информационных технологий, сложность сопровождения и поддержки программного обеспечения из-за преобладания императивной составляющей и слабой степени документированности. Дана характеристика предметно ориентированного метода проектирования (*Domain Driven Design*), определены преимущества и недостатки рассматриваемого метода. Сделан вывод о необходимости создания новой методике, учитывающей особенности и требования современных процессов проектирования.

Предложена методика декларативного процесса проектирования, рассматривающая процесс проектирования в виде последовательных этапов: определение требований к системе, анализ, проектирование и разработка. Данная методика основана на формальных правилах декларативного перехода между различными состояниями процесса проектирования. Рассмотрены этапы определения требований к системе и анализа с использованием предлагаемой методике на примере проектирования системы проведения онлайн-соревнований по спортивному программированию BACS. На этапе формулирования требований к системе был определен словарь предметной области. Результатом этапа анализа является модель предметной области, формальное определение внешних характеристик процессов и зависимости процессов друг от друга, представленной в виде диаграммы вариантов использования. Полученные описания и диаграммы являются входными данными для следующего этапа «Проектирование».

*This paper researches current problems of modern design techniques. Main disadvantages of the modern software design techniques are the inconsistency of fast changing requirements in the rapidly expanding software industry, complexity of maintenance and support due to the predominance of the imperative component and a weak documentation coverage degree. The characteristic of the Domain Driven Design method is given, determined advantages and disadvantages of this method. The conclusion is made about the need of creation a new methodology that considers the features and requirements of modern design processes.*

*The Declarative Approach Design Technique is proposed. It considers the design process in the form of consequent stages: "Definition of System Requirements", "Analysis", "Design and Development". The technique is based on formal rules for a declarative transition between different stages of the design process. The stages "Definition of System Requirements" and "Analysis" of the proposed methodology are reviewed based on the designing example of the sports programming competition system BACS. At the stage of "Defining System Requirements", a domain dictionary was defined. The result of the "Analysis" stage is a domain model, a formal definition of the external characteristics of the processes and their dependency on each other, is presented in the Use Cases diagram. The received descriptions and diagrams are used as input data for the next stage "Design".*

**Ключевые слова:** проектирование программного обеспечения, анализ требований, методы проектирования, декларативное проектирование, UML.

**Keywords:** software design, requirements analysis, design techniques, declarative designing, UML.

УДК 519.87

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-150-153

*Д. А. Истомин*, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (*D. A. Istomin*, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University)

*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)

**Имитационная модель управления стратегическим развитием промышленного предприятия (Simulation Model of Strategic Innovation Management at Manufacturing Enterprises)**

Рассматривается имитационная модель управления инновационной деятельностью промышленного предприятия. Управление осуществляется с обратной связью, в которой реализуется разработка и последующее внедрение инноваций. Рассматриваются имеющиеся инновационные проекты, каждый из которых представляется в виде совокупности частных критериев. Предложен метод описания и ранжирования инновационных проектов с использованием математического аппарата нечетких множеств. Каждый инновационный проект описывается нечетким множеством. Вводится индекс ранжирования, позволяющий адекватно сравнивать инновационные проекты между собой. Предложена возможность учета экспертных предпочтений на уровне всего предприятия и каждого инновационного проекта в частности. Рассматривается поиск оптимальных параметров управления. Приведены демонстрационные примеры.

*Simulation model of innovation in industrial manufacturing is considered. Process of control uses a feedback loop, where the development and subsequent implementation of innovations is realized. Existing innovative projects are considered, each of them is presented as a set of partial criteria. A method for describing and ranking innovation projects, based on mathematical theory of fuzzy sets, is proposed. Each innovation project is described by a fuzzy set. A ranking index is introduced, that makes it possible to adequately compare innovation projects among themselves. The possibility of counting expert preferences at the level of the whole enterprise and each innovation project in particular is suggested. A method for describing and ranking innovation projects is offered. The search of optimal control parameters is considered. Demonstration examples are given.*

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, инновации, оптимизация, промышленное предприятие, управление, нечеткие множества.

**Keywords:** simulation modeling, innovations, optimization, manufacturing enterprise, management, fuzzy sets.

УДК 517.977

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-153-156

Г. А. Благодатский, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (G. A. Blagodatsky, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Д. Е. Докучаев, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (D. E. Dokuchaev, Kalashnikov ISTU)

**Разработка модели прецедентов предприятий пищевой промышленности по технологии OMG RUP (Developing a Use-Case Model for OMG RUP Technology of Food Industry)**

Представлена модель прецедентов предприятия пищевой промышленности на примере хлебозавода. Предложен подход к решению поставленной задачи на основе UML – модели прецедентов предметной области. Реализован подход RUP к разработке модели информационной системы управления вспомогательными бизнес-процессами промышленного предприятия.

*The paper presents a use-case model of food industry as an example of a bakery. An approach is proposed to the solution of the problem based on UML use-case model. RUP approach to the development of the UML-model of computer management system for supporting industrial enterprise business processes is implemented.*

**Ключевые слова:** моделирование, прецеденты, UML, RUP, система управления, бизнес-процессы, пищевая промышленность.

**Keywords:** UML, RUP, use-case, food industry, business process modeling, CIS.

UDC 621.865.8.004

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-156-159

И. Н. Ибрагим, Post-graduate, Kalashnikov ISTU (И. Н. Ибрагим, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова)

М. А. Ал Аккад, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU (М. Айман Аль Аккад, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова)

## **Studying the Disturbances of Robotic Arm Movement in Space Using the Compound-Pendulum Method (Исследование помех движения руки робота в пространстве с использованием метода многозвенного маятника)**

*The purpose of this paper is to study the disturbances that represent the existence of a robotic arm with a payload, which affects the overall dynamics model of an aircraft by adding moments and forces that represent noise. The aircraft used in this study is a multicopter UAV (Unmanned Aerial Vehicle) type. The disturbances affecting the aircraft's center of gravity change with time because of the change in the robotic arm angles in all directions, making the motion equations variable with time. This paper offers a comprehensive study of determining the inertia moments of the aircraft using a simplified pendulum method, taking into consideration the effect of mass distribution and center of gravity changes, which are a result of the continuous movement of the manipulator during the aircraft motion in the air. The experimental tests were made using SolidWorks software and were evaluated using MATLAB in order to get a complete view of the disturbances. In future, a precise equation of motion will be defined, and the controllers will be developed in order to get a robust stability.*

*Целью статьи является исследование помех, которые возникают при использовании роботизированного манипулятора с нагрузкой и влияют на общую динамическую модель летательного аппарата, привнося моменты и силы, представляющие собой дополнительный шум. Летательный аппарат, используемый в данном исследовании, представляет собой многороторный БПЛА (беспилотный летательный аппарат). Помехи, оказывающие влияние на центр тяжести летательного аппарата, изменяются по времени вследствие изменения углов движения роботизированного манипулятора во всех направлениях, что определяет зависимость уравнения движения от времени.*

*Данная статья предлагает комплексное исследование по определению моментов инерции летательного аппарата с использованием упрощенного метода маятника, учитывающее влияние распределения массы и изменения центра тяжести, которые являются результатом непрерывного движения манипулятора при движении летательного аппарата в воздухе. Для получения по возможности наиболее полного представления помех экспериментальные испытания проводились с использованием программного обеспечения SolidWorks и оценивались с использованием MATLAB. Конечным результатом исследования является создание точного уравнения движения и разработка контроллеров для обеспечения его устойчивости и стабильности.*

**Keywords:** UAV, Center of Gravity, Inertial Moments, Compound-Pendulum Method, Parallel Axis Theory.

**Ключевые слова:** БПЛА, центр тяжести, инерционные моменты, метод многозвенного маятника, теория параллельной оси.

УДК 004.932.2

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-160-162

*М. Айман Аль Аккад, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (M. Aiman Al Akkad, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)*

*Ф. Ф. Газимзянов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (F. F. Gazimzyanov, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)*

## **Автоматизированная система оценки композиционных характеристик 2D-изображения: концепция (Automated System for Evaluating 2D-Image Compositional Characteristics: Concept)**

*Статья посвящена разработке концепции и архитектуры автоматизированной системы оценки композиционных характеристик 2D-изображения. Обосновывается важность оценки изображений с точки зрения человеческого восприятия и эстетики при помощи компьютера. После краткого обзора исторической части проблемы показаны достоинства и недостатки единственной научной работы, использующей ЭВМ для оценки эстетических ха-*

рактических. Методология Р. Арнхейма предлагается как основа для создания системы, лишенной этих недостатков. Приведены результаты экспериментов, доказывающих, что выбранная методология достаточно точно отражает механизмы человеческого восприятия.

*This paper is devoted to the development of the concept and architecture of an automated system for evaluating 2D-images compositional characteristics. The importance of image evaluation in terms of human perception and aesthetics using computer is justified. After a brief review of the development of this topic and related classical methods, only one scientific work in this field was found, in which a computer was used to assess the aesthetic characteristics of paintings, the advantages and disadvantages of this research and the developed methods were discussed. Then, Arnheim methodology was introduced and proposed as the basis for creating the suggested image evaluation system. The results of experiments prove that the chosen methodology accurately reflects the mechanisms of human perception.*

**Ключевые слова:** Р. Арнхейм, анализ изображений, композиционные характеристики, эстетика, автоматизация.

**Keywords:** R. Arnheim, image analysis, compositional characteristics, aesthetics, automation.

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 796(045)

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-163-165

*Л. Н. Кузнецова*, кандидат педагогических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*L. N. Kuznetsova*, PhD in Education, Kalashnikov ISTU)

*А. Ю. Анисимова*, кандидат педагогических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*A. Yu. Anisimova*, PhD in Education, Kalashnikov ISTU)

*И. Г. Гибадуллин*, доктор педагогических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*I. G. Gibadullin*, DSc in Education, Kalashnikov ISTU)

**Использование дыхательных упражнений, способствующих развитию общей выносливости, на занятиях по физическому воспитанию (Use of Breathing Exercises, Contributing to the Development of General Endurance at Classes of Physical Education)**

*Рассматривается методика выполнения дыхательных упражнений, способствующих развитию общей выносливости, на занятиях по физическому воспитанию. Основные методы развития выносливости у студентов: непрерывный, переменный и повторный. При этом на начальных этапах процесса развития выносливости повторный и переменный методы применяются не для того, чтобы повысить интенсивность нагрузки, а в связи с тем, что многие студентки не способны длительное время выполнять двигательные действия даже умеренной интенсивности. По мере роста подготовленности повторный и переменный методы развития выносливости применяются для повышения интенсивности упражнений. Для усиления эффекта воздействия физических упражнений на развитие выносливости на каждом занятии, посвященном решению данной задачи, целесообразно применять комплекс дыхательных упражнений, направленный на повышение эластичности грудной клетки и повышение жизненной емкости легких, на увеличение силы и выносливости дыхательных мышц, а также повышение вентиляционных способностей легких*

*The paper describes the method for performing the breathing exercises, contributing to the development of general endurance at classes of physical education. The main methods of endurance development for students are continuous, alternating and repetitive. During the initial stages of endurance development the repetitive and variable methods are used not to increase the intensity, but due to the fact that many students are unable to perform physical actions ( even of moderate intensity) for a long time. The growth of re-training and alternating methods of endurance development are used to enhance exercise intensity. To enhance the effect of physical exercises for development of endurance at*

*each class, devoted to the solution of this problem, it is advisable to apply a set of breathing exercises aimed at increasing the elasticity of the chest and the lung capacity, at increasing the strength and endurance of respiratory muscles and also lung ventilation abilities.*

**Ключевые слова:** дыхательные упражнения, развитие общей выносливости, жизненная емкость легких, дыхательные мышцы.

**Keywords:** breathing exercises, development of general endurance, lung capacity, respiratory muscles.

УДК 796.015(045)

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-165-167

*В. С. Кожевников*, кандидат педагогических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*V. S. Kozhevnikov*, PhD in Education, Kalashnikov ISTU)

### **Использование стабилотрии в целях управления многолетней подготовкой спортсменов (Use of Stabilometrics in Order to Manage the Long-Term Preparation of Athletes)**

*Равновесие является одним из ключевых факторов, оказывающих существенное влияние на соревновательный результат спортсменов в большинстве видов спорта. Одним из наиболее информативных методов изучения равновесия является стабилотрия. В статье проведен обзор работ, посвященных изучению возможностей применения стабилотрии в спорте. Показаны характеристики различных типов равновесия, степень влияния возрастных, гендерных и антропометрических различий на уровень статокINETической устойчивости спортсменов. У лиц женского пола отмечается более высокая способность к поддержанию равновесия, в большей мере – статического, у мужчин отмечено более высокое качество динамического равновесия. Недостаточно изучен вопрос о степени зависимости статокINETической устойчивости от антропометрических данных спортсмена. Установлено, что качество функции равновесия спортсмена снижается под воздействием физической нагрузки как на нижние, так и на верхние конечности, при этом у спортсменов высокой квалификации данная зависимость менее выражена. Эта категория спортсменов отличается также более высоким уровнем статокINETической устойчивости в состоянии покоя. В результате сделаны выводы о высокой прогностической ценности метода стабилотрии и широких возможностях его использования в процессе управления многолетней подготовкой спортсменов, а также о необходимости более глубокого изучения влияния индивидуальных особенностей спортсменов на качество функции равновесия.*

*Balance is one of the key factors which have a significant effect on the result of competitive athletes in most sports. One of the most informative methods for the study of the balance is stabilometrics. The paper presents the review of works devoted to studying the possibilities of applying the stabilometrics in sport. The characteristics of different types of the balance, the degree of influence of age, and gender and anthropometric differences at the level of static and kinetic stability of athletes are shown. As for females, there is a higher ability to maintain the balance, mostly the static one, while males demonstrated a higher quality of the dynamic balance. The issue of the degree of dependence of static and kinetic stability on anthropometric data of athletes is still under-researched. It is established that the quality of the balance function of the athlete decreases under the action of physical loads, both on the lower and upper limbs, at the same time this dependence is less shown up for the sportsmen of high qualification. This category of athletes differs also by a higher level of static and kinetic stability at rest. As a result, the conclusions are made on the high predictive value of the method for stabilometrics, wide possibilities of its application in management of long-term preparation of sportsmen, and the need for more in-depth study of the influence of individual characteristics of the athletes on the quality of the balance function.*

**Ключевые слова:** стабилотрия, равновесие, спортсмены, многолетняя подготовка, управление.

**Keywords:** stabilometrics, balance, athletes, long-term training, management.

УДК К72. 853: 26

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-167-170

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

**К дополнителности научных и религиозных аспектов образования как фактора восстановления его цивилизационных основ (To Complementarity of Scientific and Religious Aspects of Education as a Factor of Restoration of Its Civilization Bases)**

*Важность обращения к цивилизационным истокам образования диктуется усилением информационно-психологических или цивилизационных войн, в которых используются научно обоснованные методы и технологии внедрения в сознание противника ценностей притягивающей на лидерство цивилизации. Сегодня через образование и различные средства коммуникации внедряются либеральные ценности, которые разрушают культуру русской православной цивилизации, способствуя усилению нравственной деградации молодого поколения. Порочность девальвации духовных ценностей и традиций православия в решении воспитательных задач образования указывается в Основах государственной культурной политики. Среди главных целей и задач этого документа утверждается «сохранение исторического и культурного наследия и его использование для воспитания и образования; передача от поколения к поколению традиционных для российской цивилизации ценностей и норм, традиций, обычаев и образцов поведения». В статье обсуждаются возможности становления преподавания курса физики в вузе как вида духовного производства, которое основывается на переходе от противоборства научной и религиозной картин мира к их взаимной дополнителности. Эта тенденция развития образования отвечает сохранению духовных ценностей и норм православия, традиционных для российской цивилизации и создающих условия для развития творческого потенциала субъектов образования.*

*Importance of the reference to the civilization foundation of education is dictated by strengthening of information-psychological, or civilized, wars in which scientifically based methods and technologies of introduction into the opponent consciousness of values of a leading civilization are used. Today promotion of liberal values of the West, which destroy the culture of Russian orthodox civilization and strengthening of moral degradation of a young generation, is taking place through formation and various communication media. Perversity of devaluation of cultural values and traditions of Orthodoxy in the solution of the educational problems is underlined in Bases of the state cultural policy. Among overall objectives and problems of this document it is affirmed: "preservation of historical and a cultural heritage and their use for purposes of education; transfer from generation to generation of values traditional for the Russian civilization and norms, traditions, customs and samples of behavior". In the paper the restoration of the status of teaching physics in a high school, as a kind of spiritual manufacture, which is based on replacement of an antagonism of scientific and religious pictures of the world by their mutual complementarity is discussed. This tendency of development of education is in full accord with preservation of cultural values and norms of orthodox Christianity which are traditional for the Russian civilization and which create the conditions for development of creative potential of subjects of education.*

**Ключевые слова:** наука и религия, дополнителность и синергия, трансцендентность и целостность реального мира, вера и знание.

**Keywords:** science and religion, complementarity and synergy, transcendence and integrity of the real world, belief and knowledge.

УДК 378:159.9

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-170-172

*А. А. Шишкина*, кандидат философских наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*A. A. Shishkina*, PhD in Philosophy, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

**Психологическое состояние слабослышащих и глухих студентов-первокурсников технического вуза. Результаты цветового теста М. Люшера (Psychological State of Hearing-Impaired and Deaf First-Year Technical University Students. Results of the Lucher Color Test)**

Рассматривается актуальная для всего отечественного образования проблема инклюзивного обучения. Наиболее остро она проявляется в высших учебных заведениях, ранее не имевших подобного опыта, но в соответствии с законодательством обязанных обеспечить право людей с ограниченными возможностями здоровья на получение образования. Проблема освещается в ракурсе изучения психологического состояния слабослышащих и глухих студентов на первом курсе технического вуза. Приводятся специфические черты обучения студентов с ограниченными возможностями здоровья по слуху. Анализируются данные цветового теста М. Люшера, полученные в течение первого семестра: начало, середина, конец. Результаты теста в разные периоды свидетельствуют, что все студенты воспринимают сложившуюся ситуацию как стресс, нуждаются в постоянной поддержке. При этом к концу первого семестра у них обнаруживается желание сохранить свое положение, которое начинает восприниматься как престижное. Делается вывод о незначительной положительной динамике психологического состояния студентов в процессе обучения. Автор указывает на необходимость применения данной методики в связи с ограниченной социальной мобильностью и малым лексическим запасом студентов.

*The paper deals with the problem of inclusive education which is relevant to the entire national education. It manifests itself most sharply in higher educational institutions which previously had no experience with inclusion, but according to the legislation they are obliged to ensure the right of people with disabilities to receive education. The problem is covered with respect to studying the psychological state of hearing-impaired and deaf first-year students of a technical university. Specific features of training students with hearing impairment are given. The results of the Luscher color test obtained during the first semester – in the beginning, the middle and the end of it – are analyzed. The test results obtained in different periods show that all students perceive the current situation as a stress and they need constant support. At the end of the first semester they have a desire to maintain their position which they start perceiving as prestigious. It is concluded that there is a slight positive dynamics of the students' psychological state during the learning process. The author points out the necessity of using this technique due to the students' limited social mobility and small vocabulary.*

**Ключевые слова:** высшее образование, инклюзивное обучение, слабослышащие студенты, психологическое состояние, тест М. Люшера.

**Keywords:** higher education, inclusive education, hearing-impaired students, psychological state, Luscher color test.

УДК 371.715

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-172-176

*А. А. Мирошниченко*, доктор педагогических наук, профессор, Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко (*A. A. Miroshnichenko*, DSc in Education, Professor, Glazov State Pedagogical Institute n. a. V. G. Korolenko)

*Д. Р. Мерзлякова*, кандидат психологических наук, Удмуртский государственный университет, Ижевск (*D. R. Merzlyakova*, PhD in Psychology, Udmurt State University, Izhevsk)

**Региональная система обеспечения психологического здоровья участников образовательных отношений: квалиметрический аспект (Regional System of Providing the Psychological Health of Participants of Educational Relations: Qualimetry Aspect)**

Обозначена проблема оценки психологического здоровья участников образовательных отношений. Процесс сохранения и укрепления психологического здоровья участников образовательных отношений неотделим от процесса образования. Образование как комплексный процесс ориентировано на интеллектуальное, духовно-нравственное, творческое, физическое и (или) профессиональное развитие человека. На основе анализа теорий психологического здоровья определены основные критерии (компоненты) данного феномена. Представлен алгоритм групповой экспертной оценки компонентов психологического здоровья. Рассмотрена система обеспечения психологического здоровья участников образовательных отношений, ее уровни: уровень самого обучающегося, его социального окружения (педагоги и родители), образовательной организации, муниципалитета и региона. Обозначены методы регистрации

состояния психологического здоровья на каждом уровне: на уровне обучающегося – фиксация показателей психологического здоровья школьников с отслеживанием динамики данных критериев; на уровне системы «родитель – обучающийся – педагог» – выявление специфики состояния психологического здоровья данных участников образовательных отношений с учетом возрастных особенностей, индивидуально-личностных характеристик, а также особенностей выполнения социальных ролей; на уровне образовательной организации – мониторинг психологического здоровья участников образовательных отношений с учетом организационных факторов риска. Экспертиза состояния психологического здоровья на муниципальном уровне должна быть передана общественным объединениям педагогов по профильному принципу, а на региональном уровне – быть комплексной и межведомственной.

*The paper presents the problem of assessing the psychological health of participants in educational relations. The process of preserving and strengthening the psychological health of participants in educational relations is inseparable from the educational process. Education, as an integrated process, is focused on the intellectual, spiritual, moral, creative, physical and (or) professional development of a person. Based on the analysis of theories of psychological health, the main criteria (components) of the given phenomenon are determined. The algorithm of group expert evaluation of components of psychological health is presented. The system of ensuring psychological health of participants in educational relations and its levels are considered: the level of the student, his social environment (teachers and parents), the educational organization, the municipality and the region is considered. Methods of recording the state of psychological health at each level are indicated. At the level of the trainee they are the fixing indicators of the psychological health of schoolchildren with tracking the dynamics of these criteria. At the level of the system “the parent - the trainee - the teacher” it is the identification of the specificity of the state of psychological health, taking into account age characteristics, individual and personal characteristics, as well as the characteristics of the social roles. At the level of the educational organization it is the monitoring of the psychological health of participants in educational relations, taking into account organizational risk factors. Expertise of the state of psychological health at the municipal level should be transferred to public associations of teachers on a profile basis, and at the regional level it should be comprehensive and interdepartmental.*

**Ключевые слова:** психологическое здоровье, участники образовательных отношений, педагогическая система, система образования, квалиметрия, групповая экспертная оценка.

**Keywords:** psychological health, participants of educational relations, pedagogical system, education system, qualimetry, group expert assessment.

УДК 378.14.015.62 ; 378.147.88

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-177-179

С. В. Мишина, Елецкий государственный университет имени И. А. Бунина (S. V. Mishina, Bunin Yelets State University)

**Практико-ориентированный подход к профессиональной подготовке будущих экономистов и тенденции гуманитаризации и фундаментализации образования (Practice-Oriented Approach to Training Future Economists and Trends of Humanization and Fundamentalization of Education)**

*Анализируются различные направления реализации практико-ориентированного подхода к профессиональной подготовке будущих экономистов в США, Евросоюзе, Японии и Российской Федерации. Первое направление связано с организацией практик и стажировок студентов, второе направление предполагает применение в образовательной деятельности практико-ориентированных технологий. Авторская точка зрения заключается в том, что практико-ориентированный подход изменил сущность тенденций гуманитаризации и фундаментализации образования. До конца XX в. данные тенденции ассоциировались с глубокой научной подготовкой, расширением кругозора студентов. В начале XXI в. гуманитаризация и фундаментализация трактуются как усиление роли гуманитарных и фундаментальных*



дисциплин с целью обеспечения подготовки конкурентоспособного экономиста. Эффективность этого процесса зависит от практико-ориентированного характера преподавания гуманитарных и фундаментальных дисциплин.

*The paper analyzes the different directions of the practice-oriented approach to training future economists in the USA, EU, Japan and Russian Federation. The first direction is connected with the organization of practices and training of students, the second direction involves the use of educational activities in practice-oriented technologies. The author's view is that the practice-oriented approach has changed the essence of the humanization and fundamentalization education trends. By the end of the XX century these trends are associated with deep scientific training, with the expansion of horizons of students. At the beginning of the XXI century and humanization fundamentalization interpreted as strengthening the role of the humanities and basic sciences to ensure training of competitive economics. The effectiveness of this process depends on the practice-oriented nature of the teaching of the humanities and basic sciences.*

**Ключевые слова:** практико-ориентированный подход, гуманитаризация, фундаментализация, высшее образование, профессиональная подготовка будущих экономистов, профессиональная компетентность, профессионально значимые качества.

**Keywords:** practice-oriented approach, humanization, fundamentalization, higher education, professional training of future economists, professional competence, professionally significant qualities.