

**Содержание научно-практического журнала
«Интеллектуальные системы в производстве», том 16, № 1, 2018**

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.865.8.001.5

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-4-10

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

А. И. Абрамов, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. I. Abramov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

А. И. Емельянов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. I. Emelyanov*, Student, Kalashnikov ISTU)

Научно-технические аспекты применения метода главных компонент при обработке LIDAR-данных (Scientific and Technical Aspects of Applying the Method of Principal Components in the Processing of Lidar Data)

Процесс обработки экспериментальных данных с целью последующего принятия решений в области управления мобильным роботом является одним из сложных процессов, требующих применения современных алгоритмов и математических методов. Наиболее часто данные о позиционировании мобильного робота формируются с помощью систем технического зрения. Одной из проблем управления мобильными роботами является своевременное определение координат местоположения мобильного робота и препятствий его движению. Рассматриваемая система технического зрения на основе LIDAR не только осуществляет пространственную ориентацию мобильного робота, но и формирует единый технический модуль. Указанный модуль обладает рядом преимуществ при обработке экспериментальных данных производственных помещений, имеющих значительную площадь и представленный множеством динамических и статических объектов. В работе предложено использование алгоритма агломеративной иерархической кластеризации с применением метода главных компонент для обработки данных о местоположении робота, полученных при помощи лазерного дальномера Нокиа UTM-30LN. Статья посвящена разработке системы сканирования и последующего формирования маршрутной карты с использованием двух параметров системы технического зрения – расстояния и интенсивности. В работе приведено математическое описание алгоритма кластеризации, реализован процесс построения маршрутной карты мобильным роботом с использованием данных, полученных при помощи LIDAR-системы. Указаны результаты обработки действительных данных, доказывающих эффективность применения модифицированного алгоритма с использованием LIDAR-параметров: расстояния до объекта и интенсивности светового излучения.

The processing of experimental data for the purpose of subsequent decision making in the field of mobile robot control is one of the complex processes that require the use of modern algorithms and mathematical methods. Most often, the data on mobile robot positioning are formed using machine vision systems. One of the problems in managing mobile robots is the timely determination of the coordinates of the mobile robot's location and obstacles to its movement. The considered system of technical vision based on LIDAR realizes the spatial orientation of the mobile robot and forms a single technical module. This module has a number of advantages in processing experimental data of industrial premises that have a significant area and are represented by a number of dynamic and static objects. The paper proposed the use of agglomerative hierarchical clustering algorithm using the method of principal components for processing the position data of the robot, obtained by means of a laser rangefinder Hokuyo UTM-30LN. The paper is devoted to the development of a scanning system and the subsequent formation of a route map, using two parameters of the technical vision system – range and intensity. The paper contains a mathematical description of the clus-

tering algorithm and implemented the process of constructing a route map of the mobile robot using the data obtained with the LIDAR-system. The results of real data processing are shown, which prove the effectiveness of the modified algorithm using LIDAR-parameters: the range to the object and light intensity.

Ключевые слова: лазерное сканирование, времяпролетная камера, кластерный анализ данных, параметры обработки, метод главных компонент, маршрутная карта.

Keywords: laser scanning, time-of-flight camera, cluster analysis data, treatment parameters, principal component analysis, route map.

УДК 004:338(045)

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-11-14

Р. А. Андреев, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (*R. A. Andreev*, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University)

П. А. Андреева, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (*P. A. Andreeva*, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University)

Л. Н. Кротов, доктор физико-математических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (*L. N. Krotov*, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Perm National Research Polytechnic University)

Е. Л. Кротова, кандидат физико-математических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (*E. L. Krotova*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University)

Обзор технологии блокчейн: виды блокчейна и их применение (Review of Blockchain Technology: Types of Blockchain and Their Application)

В современном IT-пространстве блокчейн находится в числе наиболее быстро развивающихся технологий. В первую очередь это связано с ростом рынка криптовалют, которые созданы на базе технологии блокчейн. Но это не единственное возможное применение данной технологии. Блокчейн является многопользовательской надежной книгой учета транзакций, которую каждый может проверить, но ни один отдельный пользователь не может контролировать.

Цель работы – анализ различных типов блокчейн технологии по различным параметрам (скорость работы, безопасность, условия доступа и другие).

В данной статье представлен обзор различных типов блокчейна и возможные варианты применения этой технологии. Подробно рассмотрены различные виды данной технологии: публичные, федеративные, частные и гибридные блокчейны. Частные блокчейны имеют важное значение для решения проблем, связанных с эффективностью, безопасностью и мошенничеством в рамках традиционных финансовых учреждений. В то же время публичные блокчейны обладают потенциалом для замены большинства функций традиционных финансовых учреждений программным обеспечением, главным образом переопределяя способ работы финансовой системы. Федеративные блокчейны являются более быстрыми и обеспечивают большую конфиденциальность транзакций. Гибридный блокчейн объединяет возможности масштабируемости распределенной базы данных с неизменяемыми элементами блокчейна. Раскрыты условия и правила работы с тем или иным типом блокчейна. Приведены примеры использования блокчейн-технологии для работы с криптовалютами. Представлены результаты сравнения публичных и частных блокчейнов по доступу, скорости, безопасности и идентификации.

Результаты обзора показали, что технология блокчейн все еще находится на ранних стадиях развития и имеет ряд проблем, требующих решения.

In today's IT space, blockchain is among the fastest growing technologies. First, it is connected with the growth of the crypto currency markets, which are based on blockchain technology. However, this is not the only possible appliance of this technology. Blockchain is a multi-user, reliable transaction ledger that everyone can verify, but no single person can control.

The purpose is to analyze different types of blockchain technology according to various parameters (speed, security, access conditions and others).

This paper provides an overview of the different types of blockchain and possible appliances for this technology. Different types of blockchain technology are considered in detail: public, federated, private and hybrid blockchain. Private blockchain is important for dealing with problems related to efficiency, security and fraud in traditional financial institutions. At the same time, public blockchain has the potential to replace most of the functions of traditional financial institutions with software, mainly by redefining the way the financial system works. Federated blockchain is faster and provide greater transaction confidentiality. The hybrid blockchain combines the scalability capabilities of a distributed database with immutable blockchain elements. Conditions and rules of work with one or another type of blockchain are revealed. Examples of using blockchain-technology for cryptocurrencies are given. The results of comparison of public and private blockchains on access, speed, security and identification are presented.

The survey showed that blockchain technology is still in its early stages of development and has a number of problems to be solved.

Ключевые слова: блокчейн, криптовалюта, биткоин, смарт-контракт, технология распределенного реестра.

Keywords: blockchain, cryptocurrency, bitcoin, smart contract, distributed ledger technology.

УДК 004.852

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-15-25

К. С. Пивкин, аспирант, Удмуртский государственный университет (K. S. Pivkin, Postgraduate, Udmurt State University)

Реализация регрессионных методов прогнозирования товарного спроса с помощью языка R (Realization of Regression Methods of Demand Forecasting Using the R Language)

Рассматривается регрессионный анализ как ключевой метод прогнозирования величины товарного спроса. Приводится список методов, являющихся наиболее эффективными для расчета оценки прогноза: линейная регрессия с регуляризацией, регрессия на основе опорных векторов, метод случайного леса. Необходимые расчеты реализуются на языке программирования R с использованием как базового функционала, так и расширений, которые обеспечивают возможность использования рассматриваемых методов. В качестве входящих данных используются показатели работы магазина и товарные характеристики. Определяется метрика качества результата работы алгоритмов – среднеквадратическое отклонение ошибки. Проводится разделение выборки данных на обучающую и тестовую, последовательно рассчитываются результаты для каждого приведенного алгоритма. Делаются выводы о том, что для рассматриваемой выборки наилучший результат дает алгоритм случайного леса. Выводится степень корреляционной связи между прогнозами по разным алгоритмам, на основе которой высказывается предположение о возможном совместном использовании прогнозов. Исходя из этого строится простейшая комбинация алгоритмов – арифметическое среднее. Данный ансамбль алгоритмов оказался лучше всех рассмотренных методов прогнозирования, взятых по отдельности. Определяется план дальнейшего исследования по созданию комитета алгоритмов на основании методов бэггинга, бустинга или стэкинга.

Regression analysis is considered as a key method for forecasting the magnitude of demand of goods. The list of methods that are the most effective for calculating the forecast estimate is presented: linear regression with regularization, regression on the basis of support vectors, random forest method. Necessary calculations are implemented in the programming language R, using both the basic functional and additional packages, which make it possible to use the methods in question. As input data, the store performance and product characteristics are used. The metric of the quality of the result of the operation of the algorithms is determined, i.e., the mean squared error. The sample of data is divided into training and test data, the results for each of the above algorithms

are calculated in sequence. Conclusions are drawn that for the sample under consideration, the random forest algorithm yields the best result. The degree of correlation between forecasts for different algorithms is derived, on the basis of which an assumption is made about possible joint use of forecasts. Proceeding from this, the simplest combination of algorithms is constructed, i.e., the arithmetic mean. This ensemble of algorithms turned out to be better than all the considered methods of forecasting, taken separately. A plan for further research on the creation of a committee of algorithms based on methods of bugging, boosting or stacking is determined.

Ключевые слова: товарный спрос, регрессионный анализ, язык R, машина опорных векторов, случайный лес, регуляризация, кросс-валидация, ансамбль алгоритмов.

Keywords: demand of good, regression analysis, R language, support vector machine, random forest, regularization, cross-validation, ensemble of algorithms.

УДК 621.391(045)

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-26-32

Н. В. Пономарева, соискатель, ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова (N. V. Ponomareva, Applicant, Kalashnikov ISTU)

Проблемы компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике (Problems of Computer Spectral Processing of Signals in Musical Acoustics)

Изложены проблемы компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике. Рассмотрены этапы преобразования музыкально-акустического сигнала. Дан анализ причин проявления проблематики спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике на основе дискретного преобразования Фурье (Discrete Fourier Transform – DFT). Рассмотрена эффективность и результативность скользящего дискретного преобразования Фурье (Sliding Discrete Fourier Transform) в задачах компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике. Рассмотрены алгебраические формы параметрического дискретного преобразования Фурье (Parametric Discrete Fourier Transformation) и скользящего параметрического дискретного преобразования Фурье (Sliding Parametric Discrete Fourier Transformation). Проведен системный анализ методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки музыкально-акустических сигналов с целью выявления их достоинств и недостатков, выдвинута рабочая гипотеза решения порождаемой ими проблематики. Сформулированы основные задачи по решению проблем компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике. Приведены результаты экспериментальных исследований по выделению основного тона музыкально-акустических сигналов на основе дискретного преобразования Фурье. Проиллюстрировано на реальных музыкально-акустических сигналах, насколько повышается детализация представления спектрально-временной картины звуков музыкальных инструментов в случае перехода от скользящего дискретного преобразования Фурье к параметрическому дискретному преобразованию Фурье.

The problems of computer spectral signal processing in musical acoustics are described. The stages of transformation for a musical acoustic signal are considered. The analysis of the problems of spectral signal processing in musical acoustics based on the discrete Fourier Transform (DFT) and the sliding DFT is given. The efficiency and productivity of the Sliding Discrete Fourier Transform in problems of computer-aided spectral processing of signals in musical acoustics is considered. A generalization of the DFT in the form of parametric DFT (DFT-P) and sliding DFT-P is presented. System analysis of methods and algorithms of computer spectral processing of musical acoustic signals (MAS) is carried out to reveal their advantages and drawbacks; a working hypothesis of solving their problems is suggested. Main issues of solving the problems of computer spectral processing of signals in musical acoustics are stated. The results of experimental studies on getting of the fundamental tone of musical acoustic signals basing on DFT and their sliding spectra are presented. Real musical acoustic signals were used to demonstrate the increase in refinement of representation for the time spectral pattern of sounds of musical instruments in case of transition from the sliding DFT to the parametric DFT.

Ключевые слова: дискретное преобразование Фурье, параметрическое дискретное преобразование Фурье, скользящее параметрическое дискретное преобразование Фурье, музыкально-акустический сигнал, частотный спектр.

Keywords: Discrete Fourier Transform, Parametric Discrete Fourier Transformation, Sliding Parametric Discrete Fourier Transformation, musical acoustic signal, frequency spectrum.

УДК 621.391

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-33-40

Н. В. Пономарева, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*N. V. Ponomareva*, Applicant, Kalashnikov ISTU)

О. В. Пономарева, доктор технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*O. V. Ponomareva*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

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

Определение огибающей ангармонического дискретного сигнала на основе преобразования Гильберта в частотной области (Anharmonic Discrete Signal Envelope Detection with Hilbert Transform in the Frequency Domain)

Рассмотрено применение преобразования Гильберта в частотной области на основе дискретного преобразования Фурье для определения огибающих (мгновенных амплитуд) действительных ангармонических аналоговых и дискретных сигналов. Ангармонические дискретные сигналы рассмотрены как отдельный класс периодических дискретных сигналов в связи с их специфическими свойствами и широким применением ангармонических сигналов для описания информационных сигналов в следующих предметных областях: акустика (в том числе психоакустика и музыкальная акустика), геофизика, виброакустическое функциональное диагностирование механических объектов, компьютерная медицинская диагностика, пассивная гидроакустика. Приведены физические условия выбора сигнала, сопряженного действительному ангармоническому сигналу. Предложен алгоритм гипотетического измерителя мгновенных значений огибающей, фазы и частоты действительного сигнала. Показано, что применение преобразования Гильберта в частотной области для получения аналитических ангармонических дискретных сигналов имеет преимущества перед генерацией аналитических ангармонических дискретных сигналов во временной области. Предложена структура получения дискретного аналитического сигнала методом дискретного преобразования Фурье действительного дискретного сигнала. Получены аналитические выражения огибающих ангармонических дискретных сигналов с различным числом составляющих равной амплитуды. Приведены экспериментальные исследования на модельных действительных ангармонических сигналах, подтвердившие результаты, полученные теоретически в аналитической форме.

In this work the use of the Hilbert transform in the frequency domain for anharmonic signal envelope detection (instantaneous amplitudes) is considered. Anharmonic discrete signals are considered as an individual class of discrete signals due to their specific properties and wide application of anharmonic signals to describe information signals in the following subject areas: acoustics (including psycho-acoustics and musical acoustics), geophysics, vibration acoustic functional diagnosing of mechanical objects, computer-aided medical diagnostics, passive hydro-acoustics. Physical conditions for the choice of a signal associated with the actual anharmonic signal are given. The algorithm of a hypothetic measurer of instant values of the envelope, phase and frequency of the actual signal is proposed. It is shown that the frequency-domain analytic signal generation has advantages in comparison with time-domain analytic signal generation. The structure of obtaining the discrete analytic signal by method of Fourier discrete transform of the actual discrete signal is proposed. Analytical expressions of the anharmonic discrete signal envelopes with a different number of components of equal amplitude

are obtained. The results of experimental studies on model anharmonic signals are presented that prove the results obtained theoretically in an analytic form.

Ключевые слова: ангармонический дискретный сигнал, огибающая, дискретное преобразование Фурье, дискретное преобразование Гильберта, музыкально-акустический сигнал, частотный спектр.

Keywords: anharmonic discrete signal, envelope, discrete Fourier transform, discrete Hilbert transform, musical-acoustic signal, frequency spectrum.

УДК 004.421.2

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-41-44

Р. О. Султанов, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*R. O. Sultanov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

М. О. Еланцев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. O. Elantsev*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

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

Прогнозирование числа клиентов на основе корреляции статистических данных (Forecasting the Number of Customers on the Basis of Correlation Statistics)

В статье рассмотрена задача прогнозирования числа клиентов для сервиса обслуживания на примере автомойки. Предложенный алгоритм основывается на поиске корреляции между статистическими данными числа клиентов и количества дневных осадков.

Алгоритм состоит из трех этапов: составление и предварительная обработка сигналов, определение коэффициента корреляции, составление прогноза. Дана оценка эффективности данного алгоритма.

Первый этап включает сбор и предварительную обработку сигналов. Этап основывается на применении фильтров нижних и верхних частот, а также на других многочисленных методах обработки сигналов.

Второй этап основан на определении коэффициента корреляции и его дальнейшего использования в качестве меры отклонения прогноза.

Последний этап состоит из определения пропорций сигналов и применения его при прогнозировании выходного сигнала.

Применение данного алгоритма обработки и прогнозирования сигнала дает возможность работодателям гораздо более эффективно использовать имеющиеся трудовые ресурсы, используя статистические данные числа клиентов и количества осадков.

The paper considers the problem of forecasting the number of customers to service by the example of a car wash. The proposed algorithm is based on finding correlations between the statistical data on the number of clients and amount of daily precipitation. The algorithm consists of three phases: preparation and preliminary processing of the signals, determination of the coefficient of correlation, and predictive analysis. In conclusion, the estimation of the effectiveness of this algorithm is presented.

The first stage involves gathering and pre-processing. The stage is based on the application of filters of the lower and upper frequencies, as well as on other numerous methods of signal processing.

The second step is based on determining the correlation coefficient and its further use as a measure of forecast deviation.

The last step consists of determining the proportions of the signals and applying it to predict the output signal.

The use of this processing algorithm and the prediction signal gives employers a much more efficient use of available labor resources using statistical data of clients and amount of precipitation

Ключевые слова: сравнение сигналов, коэффициент корреляции, прогнозирование, обработка сигналов.

Keywords: comparison of signal, correlation coefficient, forecasting, signal processing.

Ю. Л. Тонков, старший преподаватель, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Yu. L. Tonkov, Senior Lecturer, Perm National Research Polytechnic University)

Разработка математических моделей идентификации категории технического состояния строительных конструкций на основе нечеткой логики (Development of Mathematical Models for Identification of the Category of the Technical Condition of Building Constructions on the Basis of Fuzzy Logic)

Статья содержит обоснование актуальности и необходимости разработки экспертных систем оценки технического состояния строительных объектов. Представлено описание структуры, методов построения и принципов работы нечеткой экспертной системы определения категории технического состояния строительных конструкций.

Особенность описания состояния строительной конструкции заключается в неопределенности, источниками которой могут быть: невозможность точного измерения контролируемых величин; неточность исполнительских действий; невозможность четкого описания ситуации и т. п. Принятие решения о состоянии связано с решением задачи при весьма нечетких исходных данных, связанных с приблизительными «лингвистическими» характеристиками входных параметров (дефектов и повреждений конструкции, прочности материалов и пр.).

Процесс определения категории технического состояния представляется как совокупность взаимосвязанных этапов (подзадач) решения поставленной задачи. Для оперативного выполнения этих этапов с помощью системного онтологического анализа произведена интеграция соответствующих подзадач в виде многоуровневой иерархической структуры (онтографа). Иерархический принцип позволяет упорядочить декларативные знания по этапам и скоординировать результаты решений соответствующих подзадач, используя разнородные информационные потоки. Построение формальных схем и моделей решения задач, характеризующихся недостаточностью информации, противоречивостью и малой достоверностью при обследовании строительных объектов, позволяет выполнять теория нечетких множеств и ее приложения. Определение четкого значения категории технического состояния предусматривает использование модели нечеткого логического вывода Мамдани. Формирование соответствующих баз знаний по Мамдани, в которой все значения входных и выходных переменных заданы нечеткими множествами, не вызывает трудностей у эксперта.

Результаты исследований использованы при разработке исследовательского варианта экспертной системы для оценки технического состояния железобетонных изгибаемых элементов. Апробации и верификация программы проводилась на реально существующих конструкциях эксплуатируемых зданий и сооружений.

The paper contains justification for the relevance and necessity of developing expert systems for assessing the technical condition of construction projects. The description of the structure, construction methods and principles of operation of the fuzzy expert system for determining the category of technical condition of building structures is presented.

A feature of the description of the state of a construction structure is the uncertainty, the sources of which can be: the inability to accurately measure the controlled quantities; inaccuracy of performing actions; impossibility of a clear description of the situation, etc. The decision about the state is connected with the solution of the problem with very fuzzy initial data, connected with approximate «linguistic» characteristics of the input parameters (defects and structural damages, strength of materials, etc.).

The process of determining the category of technical condition is represented as a set of interrelated stages (subtasks) of the solution of the task. For the rapid implementation of these stages, the system of ontological analysis has integrated the corresponding subtasks in the form of a multilevel hierarchical structure (ontograph). The hierarchical principle will allow for regulating the declara-

tive knowledge at stages and coordinating the results of the decisions of the corresponding sub-tasks, using heterogeneous information flows. The construction of formal schemes and models for solving problems characterized by insufficient information, inconsistency and low reliability in the survey of building objects allows us to perform the theory of fuzzy sets and its applications. The definition of a clear meaning of the category of technical condition involves the use of the Mamdani fuzzy logic inference model. The formation of the corresponding Mamdani knowledge bases, in which all the values of the input and output variables are given by fuzzy sets, does not cause difficulties for the expert.

The results of the research were used to develop a research version of the expert system for assessing the technical condition of reinforced concrete bending elements. Approbation and verification of the program was carried out on the actually existing structures of the operated buildings and structures.

Ключевые слова: модели идентификации, техническое состояние, строительные конструкции.

Keywords: identification models, technical condition, building structures

УДК 621.833

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-53-57

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

Р. И. Зайнетдинов, кандидат технических наук, доцент Филиал Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) в г. Златоусте (R. I. Zaynetdinov, PhD in Engineering, Associate Professor, South Ural State University (National Research University), branch in Zlatoust)

Формирование профилей зубьев незвольвентной конической шестерни на станках с ЧПУ (Formation of Tooth Profiles of Non-Involute Bevel Gears at CNC Machines)

В работе рассмотрена цилиндрикоконическая передача внутреннего зацепления, состоящая из эвольвентного цилиндрического колеса с внутренними зубьями и конической (по форме заготовки) незвольвентной шестерни, ось которой наклонена к оси колеса. С использованием этих зацеплений могут быть созданы эксцентриковые планетарные передачи с двумя наклонными сателлитами, реализующие большие передаточные отношения и имеющие высокую нагрузочную способность при относительно простой конструкции. По своим характеристикам они сопоставимы с волновыми зубчатыми передачами, но более надежны. Однако зубья незвольвентной шестерни имеют сложную бочкообразную форму, получение их теоретически точной поверхности затруднено. Нарезание зубьев рассматриваемой шестерни может быть осуществлено в станочном зацеплении заготовки и зуборезной червячной фрезы при ее движении по определенной криволинейной траектории. Получены зависимости для определения траектория движения оси фрезы при нарезании зубьев исследуемой шестерни. Движение фрезы по криволинейной траектории может быть реализовано в зубофрезерных станках с ЧПУ. Результаты исследования использованы при проектировании и изготовлении планетарных редукторов различного назначения.

The paper considers the cylindrical-bevel internal gear consisting of an involute cylindrical gearwheel with internal teeth, and bevel (in the form of the workpiece) non-involute pinion, the axis of which is inclined to the axis of the gearwheel. Using these links the eccentric planetary gears with two inclined satellites can be created that implement large gear ratios and have high load capacity with a relatively simple design. In their characteristics they are comparable with harmonic gears but are more reliable. However, non-involute pinion teeth have a complex barrel shape, thus complicating the production of their theoretically accurate surface. The cutting teeth of the pinion in question can be exercised in machining the gear blank and gear cutting hob as it moves along a

certain curved path. The dependences for determining the trajectory of the milling cutter when cutting the pinion teeth are studied. The movement of the cutter along a curved path can be realized at gear hobbing CNC machines. The research results were used in the design and manufacture of planetary gearboxes for various purposes.

Ключевые слова: цилиндрико-коническая передача, неэвольвентная шестерня, эксцентриковая планетарная передача, траектория движения фрезы.

Keywords: cylindrical-bevel gear, non-involute gear, eccentric planetary gear, hob trajectory.

УДК 621.791.754

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-58-66

П. Ю. Петров, кандидат технических наук, доцент, Филиал ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» в г. Ярославле (P. Yu. Petrov, PhD in Engineering, Associate Professor, leading engineer, Yaroslavl branch of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University)

Установление зависимости формы выпуклости сварного шва от параметров режима сварки (The Identification of Dependence of Weld Convexity Form on Parameters of Welding Conditions)

Работа посвящена проблеме определения математической зависимости влияния параметров технологического процесса на форму получаемого объекта. Непосредственно в статье рассмотрена проблема определения закономерности влияния параметров режима сварки на форму выпуклости сварного шва. Описана методика определения такой зависимости.

В исследовании использовались ранее установленные регрессионные зависимости определения размеров выпуклости сварного шва (ширина шва (e) и высота выпуклости (g)) от параметров режима сварки в углекислом газе. Для этих размеров и рассчитанного значения площади наплавленного металла (F_n) на основе решения уравнений гидростатики определялись показатели формы выпуклости: угол перехода от выпуклости к основному металлу (φ) и капиллярная постоянная (α_k).

Проведен численный эксперимент при варьировании скорости подачи проволоки и напряжении дуги в диапазоне, который соответствует нормативным параметрам сварки и ремонта конструкций и деталей железнодорожного транспорта. Научная новизна заключается в том, что установлены регрессионные зависимости угла перехода от выпуклости к основному металлу (φ) и капиллярной постоянной (α_k) от этих параметров режима сварки.

Представленная в статье методика может быть применена для технологических процессов с образованием статически уравновешенного объема жидкой фазы, например при 3D-печати.

The problem of determining the mathematical dependence of the influence of process parameters on the resulting object form is considered in this publication. The determination of the regularity of the influence of welding conditions on the weld bulge form is presented. The method of determination of such dependence is described.

The study used the previously established regression dependence of determining the size of the weld bulge on the parameters of the MIG regime. The weld bulge is described by the weld width (e) and the bulge height (g). The area of the deposited metal (F_n) was also calculated. For these variables, the hydrostatic equation was solved. As a result, the indices of the bulge shape were determined: the angle of transition from bulge to the base metal (φ) and capillary constant (α_k).

A numerical experiment with varying wire feed rate and arc voltage is carried out. The range of variation corresponds to the regulatory parameters of welding and repair of structures and parts of railway transport. Regression dependences of the transition angle from the bulge to the base metal (φ) and capillary constant (α_k) on these parameters of the welding mode are established.

The technique presented in the paper can be applied to technological processes with the formation of statically balanced volume of the liquid phase, for example, in 3D printing.

Ключевые слова: выпуклость сварного шва, ширина шва, высота выпуклости, площади наплавленного металла, угол перехода от выпуклости к основному металлу, капиллярная постоянная, режим сварки, железнодорожный транспорт.

Keywords: weld convexity, weld width, height of the convexity, area of deposited metal, angle of transition from bulge to base metal, capillary constant, railway transport.

УДК 621.757(045)

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-67-71

Б. Салама, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (Bashar Salama, PhD student, Kalashnikov ISTU)

Система автоматического управления регулятором давления масла для гидропрессовой сборки соединений с натягом (Automatic Control System of an Oil Pressure Regulator for Hydraulic Press Assembly of Interference Fits)

В статье рассматривается система автоматического управления регулятором давления масла на основе пропорционального регулятора, а также ее функциональная схема, составленная в соответствии с исходными данными об используемом технологическом оборудовании в исследуемом регуляторе давления и алгоритм управления данным регулятором. Приведены результаты тестовых испытаний регулятора давления с предлагаемым алгоритмом управления с целью определения оптимальных границ зоны нечувствительности (область, в которой изменения регулируемого давления не вызывают действия регулятора) исходя из стабильности работы системы с минимальной статической ошибкой. Предложенная система управления позволяет регулятору давления обеспечивать поддержание величины давления масла в требуемом диапазоне. Процесс автоматизированной гидропрессовой сборки гарантированно осуществляется в режиме жидкостного трения, реализуя достоинства технологии, а именно, сохранность сопрягаемых поверхностей и прочность соединения.

In this paper a proportional regulator based automatic control system of an oil pressure regulator is presented. The functional diagram, compiled according to the initial data about the technological equipment used in the studied pressure regulator and the regulator control flow chart is also presented. The results of experimental tests of the pressure regulator using the proposed control algorithm performed to determine the optimum boundaries of the dead zone (the region in which changes in the controlled pressure do not cause any regulating action) based on the stability of the system with a minimum static error are given. The proposed control system allows the pressure regulator to maintain the value of the oil pressure in the required range. The process of automated hydraulic press assembly is guaranteed to be carried out in the mode of liquid friction, realizing the advantages of this technology, namely, the preservation of the mating surfaces and the strength of the connection.

Ключевые слова: гидропрессовая сборка, регулятор давления масла, гидроаккумулятор, П-регулятор, зона нечувствительности, силовой мехатронный механизм, статическая ошибка.

Keywords: hydraulic press assembly, oil pressure regulator, hydraulic accumulator, P-regulator, dead zone, power mechatronic mechanism, static error.

УДК 620.193(045)

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-72-75

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

Экспресс-методика диагностирования коррозионных повреждений кузова автомобиля (Express Method for Diagnosing the Corrosion Damages of the Car Body)

Теоретические предпосылки возможности установления давности повреждений кузова автомобиля являются предметом многочисленных исследований в области технической, трасологической и автотехнической экспертиз. В статье предложена экспресс-методика

диагностирования коррозионных повреждений автомобиля с целью определения одновременности их образования. Особенностью экспресс-методики является определение одновременности возникновения очагов коррозии с помощью блоков преобразования, детектора разрывов и RGB-анализа. В отличие от существующих методик и методов определения давности получения повреждений, нет необходимости в сравнении контактирующих поверхностей, трасологического исследования, не нужно устанавливать сроки давности между моментом ДТП и назначением экспертизы. Предлагаемая методика позволяет быстро, непосредственно на месте ДТП установить одновременность получения повреждений на кузове автомобиля.

Theoretical backgrounds for the possibility of establishing a limitation of damages of the car body are the subject of numerous studies in the field of technical, trace, and auto-technical expertise. The paper proposed a rapid method for diagnosis of corrosion damage of the car to determine the simultaneity of their generation. The feature of the express method is the determination of the simultaneity of corrosion occurrence by means of blocks of the conversion of detector discontinuities and RGB analysis. Unlike the existing techniques and methods for determining the statute of limitations of injury, there is no need to match the contact surfaces, to conduct the trace study, and to establish the statute of limitations between the time of the accident and the examination appointment. The proposed technique allows you to establish the synchrony of damage to the body of the car quickly and directly at the scene of an accident.

Ключевые слова: повреждения кузова автомобиля, RGB-анализ, серая карта, ДТП.

Keywords: damage to the car body, RGB analysis, gray map, road traffic injuries.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 69.05(075)

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-76-82

А. А. Кисляков, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. A. Kislyakov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

М. А. Кисляков, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. A. Kislyakov*, Student, Kalashnikov ISTU)

Н. К. Симаков, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*N. K. Simakov*, Student, Kalashnikov ISTU)

Изучение процессов консолидации водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов (Research of Consolidation of Water-Saturated Silty-Clay Soils with Vertical Drainage)

В статье рассматриваются вопросы изучения процессов консолидации водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов. Перед исследователями ставилась задача оценки эффективности работы ленточных дрена в водонасыщенных пылевато-глинистых грунтах и определения оптимального расстояния между дренами. Методика проведения полевого эксперимента основывалась на положении о необходимости максимально возможного сохранения природной структуры грунта при установке в нем аппаратуры для исследований. Принят бесконтактный способ определения послойных деформаций грунта с помощью глубинных кольцевых марок и методы определения напряжений мессдозами и датчиками порового давления, которые устанавливались в пробуренные в массиве грунта скважины.

Оборудование контрольно-измерительной аппаратурой полигонов с разным шагом дрена, а затем проведение наблюдений на них в сочетании с наблюдениями на полигоне без дрена позволяет оценить эффективность работы ленточных дрена в данных грунтах и определить оптимальное расстояние между дренами.

The paper presents the research of consolidation of water-saturated silty-clay soils with vertical drainage. The researchers were tasked to evaluate the efficiency of prefabricated drains in water-saturated silty-clay soils and determine the optimal distance between drains. The method of carrying out the field experiment was based on the provision on the need for the maximum possible conservation of the natural structure of the soil with the installation of research equipment. A non-contact method is taken for determining stratified deformations of soil using deep ring marks and methods for determining the stresses by pressure cells and pore pressure sensors that were installed in wells drilled in barks.

The equipment of control and measuring equipment on polygons with different drainage steps, and then carrying out observations on them in combination with observations at a control site without drains, makes it possible to evaluate the efficiency of tape drains in these soils and determine the optimal distance between drains.

Ключевые слова: вертикальные дренажи, дренирование, водонасыщенные пылевато-глинистые грунты, консолидация грунтов.

Keywords: vertical drains, drainage, water-saturated silty-clay soils, consolidation of soils.

УДК 624.138.24:666.942.5

DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-83-91

Н. И. Стрелков, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*N. I. Strelkov*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

Роль супер- и гиперпластификаторов в формировании высокой прочности бетонов (The Role of Super- and Hyper Plasticizing Agents in Forming of High-Performance Concretes)

В настоящей статье рассматривается эффективность действия супер- и гиперпластификаторов в составах мелкозернистых песчаных бетонов. Оценивалась роль действия отечественных и зарубежных марок супер- и гиперпластификаторов в формировании прочности бетона на основе комплексного сравнительного анализа. В комплексе рассматривались показатели свойств, достигаемые мелкозернистыми песчаными бетонными смесями, которые содержали минимальное количество пластификатора и одновременно имели максимальную подвижность (которая оценивалась по диаметру расплыва стандартного конуса Абрамса). Во внимание принималась достигаемая прочность бетонов при твердении смесей в воздушно-влажных условиях.

Ввиду того, что прочность бетона существенно зависит от вида, генезиса и физико-механических свойств заполнителя, целесообразно было исследовать влияние модуля крупности песка на подвижность, прочность и однородность мелкозернистого песчаного бетона, содержащих супер- и гиперпластификаторы.

На основе экспериментальных исследований установлено, что наилучшей способностью сохранять требуемую подвижность (ПЗ – 10–15 см) и максимально снижать количество воды затворения обладает порошковый суперпластификатор Melflux 1641F на поликарбонатной основе. Кроме того, мелкозернистые песчаные бетоны обладали лучшей однородностью по сравнению с бетонами, содержащими пластифицирующие добавки Реламикс и MC-PowerFlow 2290.

Повышение прочности при сравнении показателей мелкозернистых песчаных бетонов достигается при использовании модуля крупности песка $M_k = 1,25$. Бетонные смеси с его использованием обладали однородностью и не расслаивались.

In the present paper the efficiency of super- and hyperplasticizing agents in mixtures of sand compression concretes (sand concretes) was considered. The role of super- and hyper plasticizing agents due to organization of concrete durability was estimated on the base of complex comparison study. The demand of sand concrete consistency and list quantity of super- and hyper plasticizing agent were considered accumulatively as basic properties of sand compression concretes. Furthermore, the highest durability of concrete samples was taken into account, due to hardening of sand compression concretes in humid air conditions.

Since the durability of sand compression concretes essentially depends on the mode, genesis, physical and mechanical properties of aggregate for concrete, it was reasonable to investigate the influence of Abram's fineness modulus to sand concrete consistency, durability and homogeneity of sand compression concrete mixture, containing super- and hyper plasticizing agents.

On the base of experimental researches it was established, that polycarboxylate hyper plasticizing agent - Melflux 1641F extremely decreases the quantity of cement-water ratio and keeps the required sand concrete consistency ($P_3 = 10-15$ cm). Moreover, the mixture of sand compression concrete possessed the best homogeneity in a comparison with mixtures, containing «Relamix» and «MC-PowerFlow 2290» plasticizing agents.

The durability increase of sand compression concrete was achieved when sand with Abram's fineness modulus $M_f = 1,25$ was used. Concrete mixtures on its basis possessed homogeneity and did not segregate.

Ключевые слова: суперпластификатор, гиперпластификатор, реология, высокопрочные бетоны, технологические свойства, мелкозернистые бетоны.

Keywords: superplasticizer agent, hyperplasticizer agent, rheology, sand compression concrete, technological properties, fine-aggregate concretes.