

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Мішкольцький університет (Угорщина)
Магдебурзький університет (Німеччина)
Петрошанський університет (Румунія)
Познанська політехніка (Польща)
Софійський університет (Болгарія)

Ministry of Education and Science of Ukraine
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»
University of Miskolc (Hungary)
Magdeburg University (Germany)
Petrosani University (Romania)
Poznan Polytechnic University (Poland)
Sofia University (Bulgaria)

**ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
НАУКА, ТЕХНІКА,
ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА,
ЗДОРОВ'Я**

Наукове видання

Тези доповідей
**XXIX МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2021**

**У п'яти частинах
Ч. I.**

Харків 2021

**INFORMATION
TECHNOLOGIES:
SCIENCE, ENGINEERING,
TECHNOLOGY, EDUCATION,
HEALTH**

Scientific publication

Abstracts
**XXIX INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE
MicroCAD-2021**

**In five parts
P. I.**

Kharkiv 2021

ББК 73
I 57
УДК 002

Голова конференції: Сокол Є.І. (Україна).

Співголови конференції: Герджиков А. (Болгарія), Зарембу К., Лодиговські Т. (Польща), Радуга С.М. (Румунія), Стракелян Й. (Німеччина), Ховарт З. (Угорщина).

Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXIX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2021, 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. I. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 333 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2021 за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, науковими співробітниками, аспірантами, студентами, фахівцями різних організацій і підприємств.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів, фахівців.

Тези доповідей відтворені з авторських оригіналів.

ISSN 2222-2944

ББК 73
© Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
2021

ЗМІСТ

Секція 1. Інформаційні та управляючі системи	4
Секція 2. Математичне моделювання в механіці і системах управління	42
Секція 3. Технологія та автоматизоване проектування в машинобудуванні	83
Секція 4. Фундаментальні та прикладні проблеми транспортного машинобудування	131
Секція 5. Моделювання робочих процесів в теплотехнологічному, енергетичному обладнанні та проблеми енергозбереження	172
Секція 6. Нові матеріали та сучасні технології обробки металів	214
Секція 7. Комп'ютерні технології у фізико-технічних дослідженнях	274
Секція 8. Мікропроцесорна техніка в автоматичі та приладобудуванні	289

СЕКЦІЯ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТА УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

ASSESSMENT IT PROJECT SOFTWARE RELIABILITY BASED ON STATIC MODELS OF CORCORAN AND NELSON

Bilous I.S., Stratiienko N.K.

***National Technical University «Kharkiv polytechnic institute»,
Kharkiv***

In the process of IT project management, a special place is occupied by its quality management since it largely determines the success of an IT project as a whole. Quality management is a complex and laborious process, which also includes a large number of different characteristics [1-3]. Reliability is one of the most important indicators of the quality of an IT project software; therefore, the use of mathematical models and information technologies for its assessment will allow quality management to be carried out more efficiently. This allows us to conclude that the topic under consideration is relevant.

In the course of the study, the analysis of the state of the IT project quality management problems and, in particular, of the IT project software reliability assessment was carried out. The existing software solutions to support the assessment processes were analyzed. As a result, a task of assessing the IT project software reliability based on Corcoran and Nelson statistic models was formulated.

Various groups of software quality management techniques were analysed. This included dynamic, static, people-intensive and analytical techniques. Their advantages and disadvantages were described. Next, the reliability indicators, models and methods of ensuring IT projects software reliability were analyzed. Software reliability models are divided into analytical and empirical, and if the former allows us to calculate quantitative indicators of reliability, the latter are based on an analysis of the structural features of the IT project software. In this work, Corcoran and Nelson statistic models were used to assess the software reliability since they take into account only the dependence of the number of errors on the number of test runs or the dependence of the number of errors on the characteristics of the input data.

To check the performance of the models, a test case was developed based on two IT projects. The obtained evaluation results are analyzed and recommendations are made on their use in quality management of an IT project.

The research materials can be used by project managers and company management when assessing the reliability of software for IT projects.

References:

1. Управление проектами: Справочник для профессионалов [Текст] : [справочник] / под ред. А. В. Цветкова, В. Д. Шапиро. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Омега-Л, 2010. – 1276 с.
2. Роберт Т. Фатрелл, Дональд Ф. Шафер, Линда И. Шафер. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1136 с.
3. Эрик Дж. Брауде. Технология разработки программного обеспечения. – СПб: Питер, 2004. – 655 с.

SENTIMENT ANALYSIS OF CUSTOMER SUPPORT MESSAGES

Bogdan A.O.

***National Technical University «Kharkiv polytechnic institute»,
Kharkiv***

Daily, companies generate enormous amounts of customer support tickets. Based on some characteristics, these tickets are grouped and placed in specialized queues from where the customer support personnel (CSP) resolve them on a first-come-first-out basis. This is however not optimal because all support tickets are created equal, but they require different levels of urgency. Based on business policy, several heuristics can be applied in prioritizing the support tickets. One of such heuristics is sentiments.

This study investigates the automation of sentiment polarity predictions on customer support tickets using machine learning methods and natural language techniques.

In total, four experiments are conducted in this study. All the experiments, except experiment 3, had three factors with each factor having three labels. The factors include feature selection methods, vector representation and ML algorithms. The labels were combined to create 27 treatments. Each treatment is applied to each of the corpora, which represents the subjects of the study.

Data preprocessing is identified as the most important stage in sentiment analysis. It helps to eliminate noise while reducing the dimension of the corpus. During the study, it was observed that removing stop words from the corpus did not yield any significant impact on the performance of the models hence ignored.

Stemming is identified to contribute to reducing the dimension of the corpus but leads to a loss in sentiment information. POS tagging and negation tagging presents a solution to the problem of sentiment information loss by preserving the context but contributes to increasing the dimension.

Compared to unigrams, bigrams and trigrams contribute more to context retention but can quickly grow the dimension of the corpus. This leads to the curse of dimensionality problem. Though a challenge, this is a good cost to bear in building sentiment analysis models as it leads to sentiment information gain which increases the performance.

In this study, LR and SVM have proved to perform better than NB. However, it would be relevant to investigate how deep learning models can be used to make sentiment predictions. Based on the natural selection method used by genetic algorithms in developing models, it would be interesting to study how they can be used to build a colony based on the underlying sentiment information in the corpus. This colony could be used to supplement the cluster ensemble method proposed.

Sentiment analysis models built from the movie and product review domain cannot be used to make sentiment predictions on support tickets. Also, when POS Tagging and negation tagging is applied to a given corpus, the sentiment information would be an amplification for existent data.

DEVELOPMENT OF TEST MANAGEMENT SYSTEM SOFTWARE PRODUCTS

Grinchenko M.A, Repenko A.V.

***National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv***

In modern conditions, when the IT services market makes high demands on the quality of developed software products, it is necessary to effectively manage the process of not only development but also testing throughout the entire life cycle in order to ensure the quality of the software product [1-2]. Special tools are used to automate test management and reduce manual labor. These tools are Test Management Systems that streamline the testing process and facilitate the work and interaction of project teams in a single space. The Test Management System includes everything you need to manage the testing process; it can save a QA specialist from problems with installing individual applications required for the testing process.

In the IT services market, there are many tools for managing the testing of developed software products [3], these tools differ by approaches used for testing and, therefore, have different sets of functions. Most of them are used to plan testing actions, launch or collect execution data from automated tests, monitor marks in checklists, provide the ability to obtain the necessary information about testing stages, configure and upload reports with data on the quality of the tested product, etc. The choice of Test Management Systems is driven by comparison of features, prices and product reviews.

After the analysis of the existing systems, it was concluded that none of them provide the implementation of the full range of functions that are necessary to manage the testing of software products, therefore, it becomes necessary to create a new Test Management System "TestProg", which will implement additional functions and meet the needs of project teams. These needs include the following capabilities: saving requirements for a software product, collecting metrics for testing a software product and automated test cases, integration with Project Management Systems, as well as GitHub, Bitbucket and Jenkins, Bamboo services, creating ranks, building a traceability matrix, etc. When administering test cases in "TestProg", users will be able to access various dashboards to instantly access data, making the testing process efficient and accurate.

The system "TestProg" will provide capabilities through which project teams can optimize the testing process and provide quick access to data analysis, as well as facilitate better communication between multiple project teams.

References:

1. Hanefi. M. Planning Activities in Software Testing Process: A Literature Review and Suggestions for Future Research / M. Hanefi // Journal of Science – №31(3)? 2018 – P. 801-819.
2. IEEE Standard for Software and System Test Documentation/ Access mode: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4578383>
3. Best Test Management Tools compared. - Access mode: <https://www.testmonitor.com/comparisons>

THE USE OF NEURAL NETWORKS IN THE TASKS OF A TEXT MESSAGE SENTIMENT ANALYSIS

Khluieva A.S., Kochuieva Z.A., Borysova N.V.

National technical university

«Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

Linguistic processing of natural language texts is one of the central problems of information technology intellectualization. A large number of research programs are aimed at the development of linguistic information systems. The chosen topic is relevant because in connection with the continuous increase in the amount of information available on the global Internet, they need to solve the problem of sentiment analysis of information. Tonality is the emotional attitude of the author of the statement to an object, expressed in the text. Text tone analysis is a field of computational linguistics that studies thoughts and emotions in text documents. This analysis allows to characterize the emotional color of the text – positive, negative or neutral, to identify the subject and object of this text. Sentiment analysis finds practical application in various fields of knowledge. There are quite a number of methods by which it is possible to make automatic classification of texts. Of course, developers make trade-offs, each method can have its advantages and disadvantages, which affect the suitability of the method in its application. Existing classification systems, checking for keyword matching, do not always meet the needs of users. This paper considers one of the methods of determining the emotional component in the text. Due to the significant development of the technological and information base, we are considering solving the problem of recognizing text images and conducting sentiment analysis of texts using a neural network. Currently, many studies on the classification of texts and different content converge on the leadership of technologies based on neural network technology. During analysis of the most popular neural networks for working with text (Hopfield network, recurrent neural network (RNN)), convolutional neural network (CNN), we found out a few important distinctive features. The RNN has proven itself in sequence processing problems where the length is not fixed. But during the study, the new input that the network has to process begins to affect the network's memory: the information in the memory is mixed with the new information and after a few iterations is completely overwritten. This is especially important on the example of text analysis problems. Thus we stopped our choice on CNN which is one of the best algorithms for image recognition and classification. The only significant disadvantage of convolutional networks, compared to RNN is that they can only work with a fixed size input (because the size of the matrices in the network can not change during operation). Python is not publicly accepted by one of the leaders in both due to its prevalence, fame and a huge number of libraries that have a set of built-in mathematical functions for solving problems within a neural network and conducting researches connected with text data such as sentiment analysis. To build our neural network, we will use two libraries in Python 3: Keras and TensorFlow. Keras supports network construction. TensorFlow is the main engine doing all of the computing.

USING BLOCKCHAIN AND NON-FUNGIBLE TOKENS TO IMPLEMENT DECENTRALIZED REPOSITORY OF ENTERPRISE MODELS

Kopp A.M., Orlovskiy D.L.

National technical university

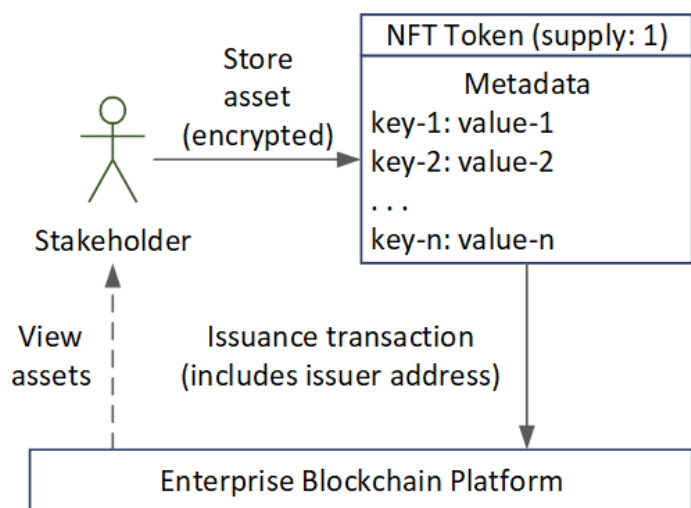
«Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

Introduction. After so called “crypto-boom” of 2016–2017 years, the Blockchain technology has become extremely popular. Despite Bitcoin cryptocurrency as the first well-known application of Blockchain technology was introduced back in 2010, it did not receive much attention, except from technology enthusiasts, until the end of 2016. Rapid growth of Bitcoin price has made cryptocurrencies, as well as “mysterious” in those time Blockchain technology, such popular and promising. However, nowadays Blockchain is still presented mostly in financial industry, where it is used as the base for thousands of cryptocurrencies traded on dozens of exchanges. Obviously there are a lot of Blockchain applications in other industries, such as decentralized governance, healthcare, and welfare services, supply chain, and logistics management. Blockchain usage for assets tokenization is probably one the most interesting applications, which assumes usage of tokens of the certain Blockchain platform to represent literally any physical or digital items. Unlike tokens used to represent monetary assets similarly to any other cryptocurrency, tokenization of unique items requires special non-fungible tokens (NFT). First NFT tokens standard, introduced on the Ethereum platform, was ERC-721, which was extended with more recent ERC-1155 standard. Currently NFT tokens are used mostly for crypto-collectibles (e.g. CryptoKitties) and digital arts. For now (March 2021) NFT tokens are having their best time.

Relevance. It is actually very important to design and support a corporate database for knowledge sharing within an organization. In multiple organizations knowledge is still more similar to “corporate folklore” than regulations.

Proposal. Hence, we propose an approach to design the storage of digital assets that represent the corporate knowledge (see. Fig. 1). Models, blueprints, guidelines, or other practice solutions developed or adopted by an organization can

be stored in such database. In order to keep collected enterprise knowledge secured and traceable, it is proposed to use a decentralized storage based on the Blockchain platform for enterprise applications and services, such as Neblio [1]. Digital assets of the enterprise could be represented as NFT tokens with unique properties.



References:

1. Technology – Neblio // URL: <https://nebl.io/technology/>

SPECIFICS OF SOFTWARE PROJECT MANAGEMENT IN IT

Laktionov S.Y, Stratiienko N.K.

***National technical university «Kharkiv polytechnic institute»,
Kharkiv***

The rapid development of information technology affects all areas of the economies of different countries. In turn, the quality of processes in the field of information technology is largely determined by the efficiency of software project management. The ambiguity of solving the problem of project management in this area makes the topic relevant and that determined the choice of the topic, goals and objectives of the study.

As noted by the authors of many works [1-5], the project management system is a complex system; it is an organized complex of methodological, software and information, technical means aimed at improving the efficiency of planning, implementation and project management processes, which is based on a whole complex of specialized software.

Modern IT projects are faced with the influence of various problems that can make project management ineffective.

An analysis of the state of problems in project management in the field of information technology was carried out during this study. As a result, typical problems and specific aspects necessary for the successful implementation of projects were identified.

Functional areas and levels of management, stages of the management process, objects and subjects of management, phases of the life cycle and types of management objects, as well as the problems of forming and developing a project management team were used as a methodological basis for determining and developing tasks necessary for managing software projects.

Based on the current international experience, the requirements and recommendations set out in international project management standards were identified. That covers all stages and areas of project knowledge, approaches, principles, practices and tools to improve the efficiency of software project management.

The research materials can be used by software project managers, IT company management, as well as everyone who is interested in this problem.

References:

1. Мазур И.И. Управление проектами: Учебное пособие / Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Под общ. ред. И.И. Мазура. — 2-е изд. — М.: Омега-Л, 2004. — 664 с.
2. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Рассел Д. Арчибальд ; Пер. с англ. Мамонтова Е. В. ; Под ред. Баженова А. Д., Арефьева А. О. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Компания АйТи ; ДМК Пресс, 2010. — 464 с.
3. Скотт Беркун. Искусство управления IT-проектами. — СПб.: Питер, 2007. — 400 с.
4. Ройс, Уокер. Управление проектами по созданию программного обеспечения [Текст]: унифицированный подход / У. Ройс ; [пер. И. Штерев] - Москва: Лори, 2002. — 424 с.
5. Крупский А.Ю. Информационный менеджмент. Учебное пособие / А.Ю. Крупский, Л.А. Феокситова. — М.: Издательско- торговая корпорация «Дашков и К°», 2008. — 80 с.

DEVELOPMENT OF THE MOBILE APPLICATION TO FIND A DOCTOR

Lobach O., Serhieiev O.,

National technical university

«Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

Constant and secure communication with doctors became extremely important during the global COVID-19 pandemic. In this work, we are considering the issue of developing a competing mobile application to find a doctor in Ukraine.

Many studies note that the mobile applications market is rapidly growing [1]. With the growth of demand for mobile applications and revenues from them, the number of applications is growing in different app stores [2]. According to 42matters [3], currently, the growth speed of Google Play is more than 15000 apps per week, Apple App Store – more than 9000 per week.

Apptentive [4] researches show that 66% of companies lose their customers due to the lack of mobile applications. People tend to be more loyal to services that have their own mobile apps, such as Uber, Glovo, OLX, and other apps that deliver on-demand services to the users [5]. Our application «FindDoctor» belongs to that category.

The application was developed for Android and iOS platforms, using the TypeScript programming language and NativeScript framework. The business logic and data layers were created with TypeScript. MySQL was chosen as the relational Database Management System.

The application is implemented for two categories of users – patients and doctors. The application allows patients to search and view information about the doctors of different specialties in the selected region. For the convenience of interaction with information on doctors, filtering on the following parameters was implemented: speciality, place of work, tariffs, reviews, and others. The application allows you to contact the selected doctor through the in-built messaging service. After receiving services, the client can leave a review of the doctor. For doctors, the application provides the complete onboarding process that consists of filling in the personal information and qualification check. Doctors can communicate with patients and look through reviews about themselves.

References:

1. Global Consumer Spending in Mobile Apps Reached a Record \$111 Billion in 2020, Up 30% from 2019, available at: <https://sensortower.com/blog/app-revenue-and-downloads-2020> (last accessed 20 January 2021)
2. Growth of available mobile apps in the Apple App Store worldwide from 2nd quarter 2015 to 4th quarter 2020, available at: <https://www.statista.com/statistics/185722/apple-app-store-quarterly-growth-of-available-apps/> (last accessed 25 January 2021)
3. 42matters. Google Play Statistics and Trends 2021, available at: <https://42matters.com/google-play-statistics-and-trends> (last accessed 20 February 2021)
4. Feedback & loyalty on the mobile frontier, available at: <https://go.apptentive.com/rs/170-TZF-108/images/FeedbackLoyaltyMobileFrontier.pdf> (last accessed 20 February 2021)
5. ARE APP USERS MORE LOYAL? TRUTH ABOUT MOBILE APP LOYALTY!, available at: <http://blog.apps-builder.com/mobile-app-users-are-more-loyal/> (last accessed 22 February 2021)

QUALITY ASSESSMENT OF SOFTWARE TESTING USING INTELLIGENT INFORMATION SYSTEM

Liutenko I.V., Zurevel A.D., Lukinova D.A.

National Technical University

«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

For today few people doubt the advisability of testing the developed software products. The goal of any testing project is to ensure the quality of the product being developed. With the development of an IT project the number of product tests also grows, and one of the most important problems in the design and development of software is its verification and validation.

The testing process refers primarily to checking the correctness of the software implementation of the system, the compliance of the implementation with the requirements, i.e. testing is the controlled execution of a program in order to detect inconsistencies in its behavior and requirements.

The aim of the work presented in this report was to improve the efficiency of the testing process. To assess the test coverage in the "classic version" 2 main metrics are used - requirements coverage assessment and code coverage assessment. However, the assessment by these metrics is not always informative for the complex assessment of tests. In this paper, it was proposed to consider the test as a multi-feature object and to use the approach proposed by A. B. Petrovsky when evaluating it. in the "PAKS" method [1].

In the process of analyzing the requirements functional and non-functional requirements for the software were identified. The main use case for the system is to evaluate the quality indicator for test coverage, but the user has the ability to evaluate using classical metrics and also see the results of the assessment.

Taking into account the restrictions put forward the ASP.NET Core 2 platform was chosen as the development technology, which works on the basis of the .NET Framework 4.6.2 software platform. The PS architecture is a client-server architecture with a thin client, which has good scalability and maintenance costs. In the course of the work 9 different software tools used in the testing process were considered - such as Zephyr, TestCraft, Selenium, TestArchitect and others. Despite the fact that some of them belong to the test management tool, it is not possible to use them to obtain a comprehensive quality assessment.

The result of performing the work tasks is the created system of criteria for evaluating tests and test coverage, project documentation for software development and software solutions for assessing the quality of test coverage.

References:

1. Петровский А.Б., Ройзензон Г.В. Многокритериальный выбор с уменьшением размерности пространства признаков: многоэтапная технология ПАКС // Искусственный интеллект и принятие решений, 2012, №4.

ASSESSING THE CHANGES IN THE SEMANTIC KERNEL

Orekhov S.V., Malyhon G.V.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The central element of virtual promotion process is semantic kernel [1]. It is a set of keywords shared in Internet via web pages. The set describes a product (characteristics, reviews, opinions, news, price, locations, shops etc.)

Having the process schema [1] the software was developed on Javascript language with using RDF schemas. For the real web projects (celestialtiming.com USA, for example) we have assessed the changes in kernel (fig. 1).

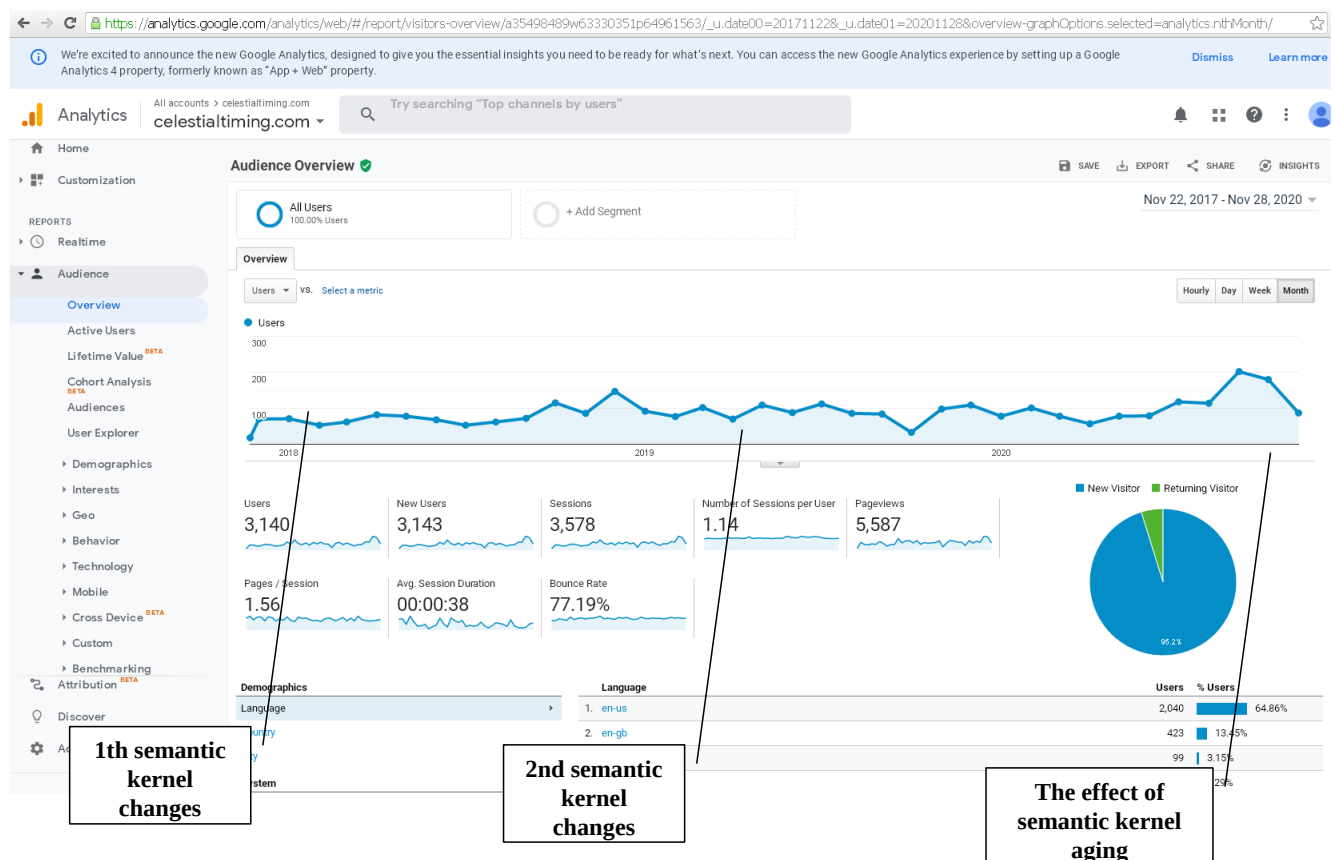


Figure 1. Semantic kernel changes

We have three versions of web content stored in the content management system of web site. We have compared the kernels with the real data presented by Google Analytics service. As we see first two versions of kernel supported a growth of visits, but the last version is old already. It means that web content should be renewed ASAP.

References:

1. Malyhon H., Orekhov S. Virtual promotion knowledge management technology // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: System analysis, control and information technology : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». — Харків: НТУ «ХПІ», 2020. — № 1 (3) 2020. — с. 74-79.

ADAPTIVE QUERY INTERFACE AS A DATA ANALYSIS TOOL

Orlovskyi D.L., Kopp A.M., Bilous I.S.

National Technical University

«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Introduction. Modern enterprise databases contain enormous amounts of data intended for analytical processing, visualization, and decision-making. Nonetheless, these data are almost useful without having interactive and flexible querying tools. Existing query languages require technical skills and prior experience in software engineering, database design, and database administration. On the other hand, there are so-called “query-wizards”, which are included in modern database management systems and intended to simplify data querying for non-technical users. However, in practice, their functionality is not sufficient for most data analysis problems. Therefore, another approach to data querying is considered in this study.

Relevance. The problem of the development of a software tool for data querying becomes relevant because of two reasons. Firstly, data querying is the first and significant step in data analysis. Secondly, query languages require skills and experience, and existing “query wizards” are limited in their functionality and convoluted for end-users.

Proposal. This software tool should be equipped with an adaptive interface and used by data analysts, business analysts, top managers, etc. Adaptive interface is a user-friendly component of the system, which has a role of an intermediate layer between user and data source (e.g. stored procedure). Adaptiveness means the ability of interface to adapt to the needs of the user. Connected databases are queried with the help of graphical user interface. Users should provide parameters to stored procedure using different user interface components. Formed query then is executed and received data are displayed on the screen ready for further processing (see Fig. 1). Adaptiveness could be achieved by query recommendations. The system always captures statistics of query executions, which is then used to formulate recommendations. Data analysts are recommended with queries, which are similar to those executed before. For this purpose, we suggest to use described in [1] content-based filtering approach with vector space model (VSM) and simple TF-IDF weighting.

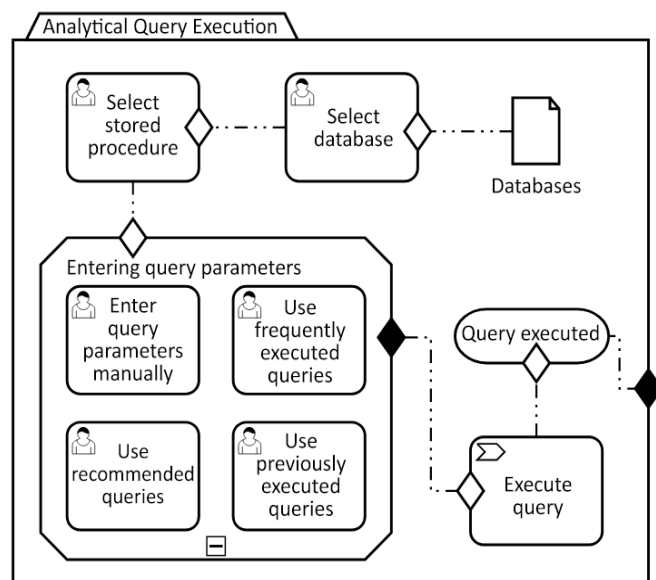


Fig. 1. – Case management model of query execution process

References:

1. F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, B. P. Kantor, Recommender Systems Handbook, Springer US, 2011. doi:10.1007/978-0-387-85820-3

APPLICATIONS ARCHITECTURE ANALYSIS BASED ON DESIGN PATTERNS AND IMAGE RECOGNITION

Kopp A.M., Orlovskiy D.L., Ersoyley D.

National Technical University

«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Introduction. In the recent decades a software engineering industry has changed sufficiently. Multiple approaches and practices of the software development appeared and outdated in literally several years. However, starting from the waterfall model and up to modern agile practices, applications architecture design is the essential phase of the software development lifecycle. Several researches, one of which is by IBM, have concluded that design errors made at the early stages of software development result into significant monetary losses (see Fig. 1). These losses are caused by efforts and resources required to fix detected errors on testing or maintenance stages of software product lifecycle, while fixing such errors on system design stage may cost 15x–100x times cheaper [1]. Thus, applications architecture analysis is considered in this study.

Relevance. According to [2], application architecture describes design patterns (reusable building blocks used to design and develop software products). Design blocks described by patterns are used by architects to define baseline of the system and main principles of its functioning. Architecture patterns

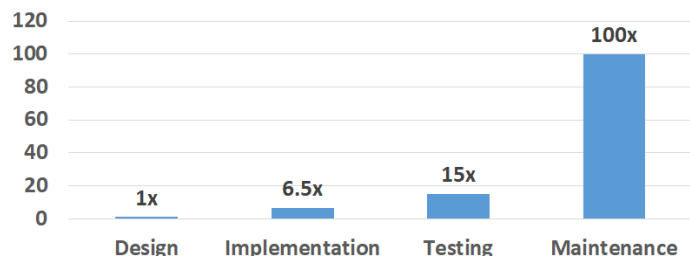


Fig. 1. – Defects fix costs growth by software product development stages

are different from software design patterns, since they define whole application scope unlike the particular module or source code unit. However, architecture patterns have their own advantages and disadvantages, which define usage scopes of some patterns depending on project size, industry, and environment. Sometimes designed solutions seem well on blueprints and previously hidden drawbacks become noticeable too late. Therefore, analysis of applications architecture design becomes relevant problem that should be solved at early design stage in order to consider all possible limitations and make decisions on applications architecture re-design or improvement.

Proposal. There could be defined “images” for each architecture design pattern, e.g. using n -space vectors. Structural metrics of design patterns (e.g. size, complexity, coupling, and cohesion) may be used as vector’s elements. Then, architecture models are compared to images of patterns using recognition techniques and limitations are suggested to system architects with respect to detected design patterns [2].

References:

1. Defect Prevention: Reducing Costs and Enhancing Quality // URL: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/software/defect-prevention-reducing-costs-and-enhancing-quality/>
2. 10 Common Software Architectural Patterns in a nutshell // URL: <https://towardsdatascience.com/10-common-software-architectural-patterns-in-a-nutshell-a0b47a1e9013>

INFORMATION TECHNOLOGY FOR POWER EQUIPMENT MONITORING

Orlovskiy D.L., Kopp A.M., Syzonova K.H.
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The efficiency of electric power companies is inextricably tied to the reliability of the main technological equipment. The reliability depends on the organization of planned and preventive repairs and monitoring of the technical condition of electric power equipment.

According to that fact, in order to support the activities of electricity companies, equipment monitoring systems are needed. They strive to optimize the operations of power equipment, reduce electricity consumption and prevent accidents, as well as increase the service life. This is a continuous monitoring of the technical condition of various electrical equipment.

To solve the problem of monitoring and prediction of the conditions of power equipment, the software component was developed. It allows the user to learn the necessary information about the conditions of power equipment, register the main characteristics of equipment during performed operations, and assess the current state of equipment. In addition, the software application contains records of equipment failure history. Based on this data, mean time to repair and mean time to discover can be predicted (see Fig. 1). Fig. 1 below demonstrates predicted mean time to repair (in minutes) for 13 measurement periods ahead.

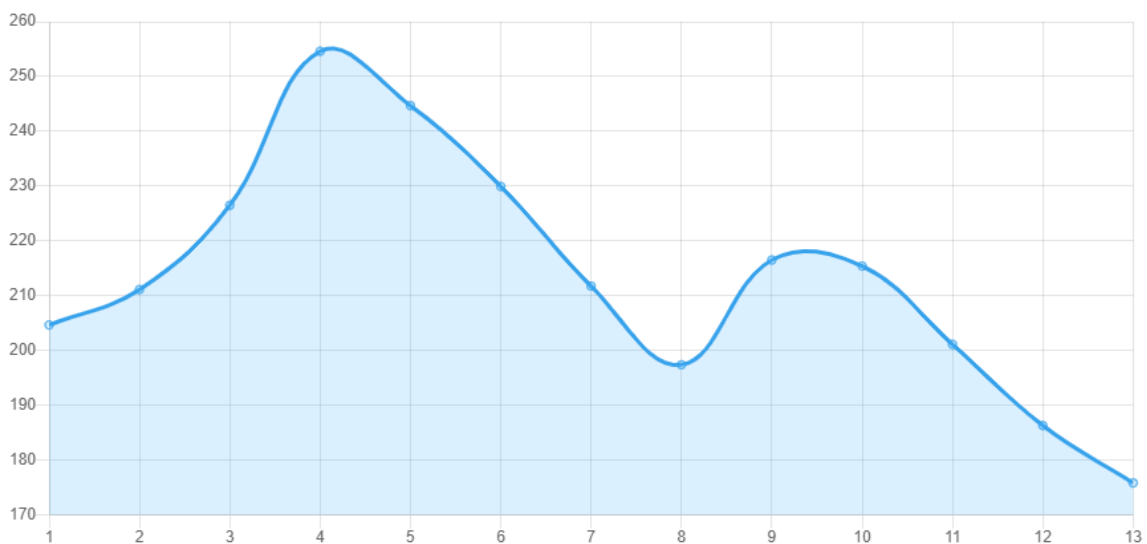


Fig. 1. – Predicted mean time to repair

The method of exponential smoothing was chosen as a forecasting method for the elaboration of medium-term forecasts [1].

References:

1. Exponential Smoothing: Definition of Simple, Double and Triple // URL: <https://www.statisticshowto.com/exponential-smoothing/>

THE DEFERRED SOLUTIONS SCHEME FOR THE PROBLEM OF FINDING A HAMILTONIAN CYCLE SOLVING

Prokopenkov V.P., Kozhyn Y.N.

***National technical university «Kharkiv polytechnic institute»,
Kharkiv***

The problem of finding a Hamiltonian cycle on a graph belongs to the complexity class NP. The failure to develop a polynomial method for solving this problem is explained by the inability to formulate the conditions for finding the optimal solution.

The main way to find the optimal solution is to iterate through the possible solutions. Possible solutions can be constructed by using graph traversal algorithm, but the factorial cost requires reducing the enumeration space, for example, using the branch and bound method. This method is based on an ordered search of acceptable solutions and considering only promising partial solutions to find the optimal one, and discarding at once entire sets of solutions that are not such. For the method to work, a function of the cost of partial solutions must be defined which depending on certain parameters, which is difficult (or impossible) for the problem under consideration.

At the same time, if the function generates a probabilistic estimate, there is a high risk of losing the optimal solution of the problem when discarding.

The only reliable estimate for a valid solution is the length of the cycle, which, unfortunately, becomes known after its complete formation.

As a way out, a new scheme of deferred solutions is proposed, in which all possible partial solutions that can be completed are constructed at the same time and sequentially and storing.

Each partial solution is characterized by its own estimate – the length of the path already constructed.

At each step, we'll trying to continue the current partial solution (the original partial solution includes one initial vertex) by adding a vertex to it, to which we can go from its last vertex.

As a result, we build as many new partial solutions as there are options for moving from the last vertex of the current partial solution.

The generated new partial solutions are saved, and the original worked-out solution is deleted. To perform the next step of the algorithm, which constructed partial solution that has the lowest estimate, is selected, and the execution of the scheme continues until the desired optimal solution is constructed.

In such a scheme, only one optimal solution will be built until the end, and the scheme completely eliminates the loss of the optimal solution when discarding.

The scheme has a significant drawback – high costs for storing partial solutions. The possible memory costs can be justified by a significant reduction in the time that spent on finding the optimal solution.

ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ОБЛІКУ ВІДВІДУВАННЯ ЗАНЯТЬ СТУДЕНТАМИ В УМОВАХ ЗМІШАНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Авузі Е., Двухглавов Д.Е.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

У наш час зросла потреба у вирішенні питань щодо організації процесу навчання у ВНЗ за змішаною формою, зокрема ведення обліку відвідування занять студентами та роботи викладачів з обов'язковим наданням звітів в різних формах. Фактично облік відвідування занять студентами тепер здійснюється за двох обставин: при проведенні класичних занять в аудиторіях та при проведенні занять у віртуальних кабінетах (у Skype, Microsoft Teams, Zoom та ін.). І тому полягає питання у тому, як синхронізувати дані процеси таким чином, щоб у результаті у сховищі даних була актуальна та узгоджена інформація щодо обліку навчання. Зрозуміло, що обробка інформації відбуватиметься швидше, якщо вона представлена в одному вигляді, а саме в електронному.

Для вирішення визначеного актуального питання пропонується розробити систему ведення обліку відвідування занять студентами, яке саме полегшить процес обліку навчання студентів та роботи викладачів під час проведення занять у Microsoft Teams, даючи можливість викладачу завантажувати файли у форматі .csv, .xlsx, отриманих автоматично після проведення заняття, до бази даних.

Основними вимогами до створюваної системи є наступні.

1. Система має бути веб-додатком, що зберігає і обробляє дані у клієнт-серверній базі даних. Доступ клієнтів (викладачів для введення та редагування і студентів для перегляду та отримання узагальнених даних про відвідування) має бути забезпечений як зі стаціонарних комп'ютерів, так і з мобільних гаджетів.

2. Програмне рішення повинне забезпечувати аутентифікацію, авторизацію, використовуючи програмний інтерфейс Microsoft Graph, використовуючи Microsoft Azure Active Directory у якості Authorization Server/Identity provider, що забезпечить можливість використовувати застосунок студентами/ науково-педагогічними співробітниками, акаунти яких вже створені у Microsoft Azure Active Directory tenant університета, без реєстрації у застосунку. Також дана особливість підвищить захищеність застосунку в цілому, адже механізми аутентифікації, авторизації будуть використовувати стандартні протоколи - "OAuth2" та "OpenID Connect".

3. Серверна частина повинна бути реалізована за архітектурним принципом REST, дотримуючись SOLID, стек - Java, Spring Framework. Компоненти клієнтської частина повинні бути реалізовані за принципами функційного програмування. Стек - JavaScript, React.

Література:

1. Microsoft Azure Active Directory / <https://azure.microsoft.com/ru-ru/services/active-directory/> - 10.03.2021.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ АУДИТУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАФЕДРИ

Антипов Д.С., Кабак Я.В., Двухглавов Д.Е.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Процес сучасного навчання неможливий без застосування обчислювальної техніки, комп'ютерних мереж та програмного забезпечення різного призначення. Особливо цей процес важливий для підготовки студентів, майбутні професії яких пов'язані із розробкою та застосування програмного забезпечення. Викладач, плануючи заняття у комп'ютерному класі, має бути впевнений, що коли студенти прийдуть до класу, то вони зможуть увімкнути комп'ютери і почати роботу із потрібною версією програмного забезпечення. У іншому випадку наявність комп'ютера в класі безглузда.

Переконатись завчасно у наявності потрібного системного та прикладного програмного забезпечення із-за великого навантаження викладача, особливо, в умовах карантину, неможливо. Тому актуальним є створення ресурсу, на якому можна отримати відомості про наявність програмного забезпечення у комп'ютерних класах. Наявність сторінки на сайті кафедри або файлу з такими відомостями на спільному кафедральному ресурсі істотно скоротить час на з'ясування відповідності класу, запланованого для проведення заняття, вимогам за боку програмного забезпечення. А це, в свою чергу, забезпечить ефективність роботи студентів на занятті. Науково-практична задача, яка має бути вирішена, полягає у розробці системи аудиту програмного забезпечення кафедри. Особами, які зацікавлені в проведенні такого аудиту у рівній мірі значущості є:

- викладачі кафедри, які планують проведення занять;
- інженери кафедри або лабораторії, що відповідають за експлуатацію програмного забезпечення;
- інженери кафедри, які приймають участь у розробці розкладу занять, зокрема у виділенні аудиторій для проведення занять відповідно до вимог викладача.

Створення такої системи з точки зору програмної інженерії має задачу об'єднання в єдину систему двох видів програмного забезпечення:

- програмного забезпечення збору відомостей від комп'ютерів локальних мереж комп'ютерних класів;
- програмне забезпечення узагальнення даних та їх «забезпечення доступності відомостей» для користувачів.

Програмне збору відомостей може бути придбане у сторонньої організації. Двома важливими критеріями відбору є забезпечення відображення максимально повного набору відомостей про встановлені програми та можливість експорту звіту про програми на комп'ютери у різні формати файлів для подальшої обробки. Програмне забезпечення узагальнення даних пропонується розробити самостійно як веб-додаток, який має забезпечити доступ до інформації про комп'ютерні класи та типові комп'ютери у них із можливістю доступу через мережу Internet.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ ІТ-КОМПАНІЙ

Білова М. О., Лактіонова І. Я.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання оптимізації процесу рекомендації й проходження навчальних курсів на підприємстві за рахунок використання знань робітників з системи управління персоналом й проведення їх аналізу.

Основною метою інтеграції систем класу HRM, LMS та TMS між собою є досягнення ефективного керування знаннями й пришвидшення професійного розвитку працівників ІТ-компаній [1].

Зазвичай робота ІТ-компанії полягає у реалізації окремих проектів із розробки програмного забезпечення. Предметні області окремих проектів можуть бути взагалі не пов'язані одна з одною, що обумовлює різноманітність методик розробки програмного забезпечення, використання інструментальних засобів тощо, і, відповідно, накладає на працівників певні обов'язки по їх розумінню.

Подібна система дозволить об'єднати вищеназвані систем між собою, що дозволить узгоджувати новий матеріал для навчання працівника з технологіями, які зараз використовуються на проектах в ІТ-компанії.

У роботі було розглянуто та проаналізовано моделі та існуючі рішення для управління й тренінгу персоналу.

Проаналізувавши існуючі варіанти, було прийнято рішення розробити компонент, що буде використовувати публічні API LMS, HRM й TMS для виконання поставленої задачі.

Ключові особливості рішення:

1. Немає прив'язки до жодної з LMS, підтримується будь яка LMS з відкритим API, інтеграція кожного нового типу LMS потребує 1 людино-дня.
2. Немає прив'язки до HRM, аналогічно до п.1
3. Немає прив'язки до TMS, аналогічно до п.1
4. Зображення усіх знань з HRM в зручному вигляді для проведення подальшого аналізу й рекомендації курсів на їх основі.

Результатом цієї роботи є прототип компонента розроблений для оптимізації процесів навчання робітників підприємства за рахунок проведення аналізу їх компетенцій та рекомендації курсів для підвищення кваліфікації, що дозволять підвищити конкурентоспроможність на ринку.

Література:

1. Papia S Nath, J.Gajendra Naidu Exploring the effect of integrating Learning management System with Human Resource Management System // International Research Journal of Management Sociology & Humanity (IRJMSH). – 2016. – №7 (7) – p.103-111.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ АДАПТАЦІЇ КОМПЕТЕНЦІЙ ПЕРСОНАЛУ ІТ-КОМПАНІЇ

Білова М.О., Паращич М.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

ІТ-компанії, спеціалізовані на інформаційних технологіях, потребують певний список посад фахівців, необхідних для розробки якісного продукту. Залежно від підприємства цей список може відрізнятися. Тому для стандартизації усіх посад ІТ-сфери був розроблений фреймворк e-CF, який визначає основні області розробки, список відповідності компетенції певної області, професійний рівень та список знань і вмінь, відносних до певної області[1].

Особливістю організації даних цього фреймворку є те, що усі дані представлені чотирма вимірами. Перший описує загальні області: PLAN-BUILD-RUN-ENABLE-MANAGE. Другий надає інформацію про самі компетенції, які належать до певних вимірів. Всього їх представлено сорок. Наступний, третій вимір надає можливість оцінити персонал за рівнем володіння компетенцією. Існує всього п'ять рівнів, але також важливо знати, що не кожна компетенція має усі рівні. Останній вимір надає абстрактне представлення знань та вмінь, якими повинен володіти персонал, який має певні компетенції. Тож використовуючи цей список та список знань та вмінь власне персоналу, стає можливим оцінити його наскільки він відноситься до певної області.

Метою роботи є підвищення ефективності адаптування компетенцій персоналу ІТ-компанії будь-якого фреймворку до фреймворку e-CF за рахунок проектування програмних компонентів для адаптації компетенцій персоналу ІТ-компанії. Для наглядного прикладу адаптування був обраний стандарт European ICT Professional Role Profiles. Він має структуру сімейного дерева, де друге покоління наслідує перше, доповнюючи його своїми власними ознаками та функціоналом. Перше покоління представляє сім базових профілів: Process Improvement, Business, Technical, Design, Development, Service & Operation Support. Друге покоління є більш детальною реалізацією першої та має декілька профілів, які у свою чергу мають можливість також стати батьками для інших власно створених профілів. Всього у rpr стандарті представлено 30 профілів.

Для досягнення мети був створений компонент адаптування компетенцій персоналу будь-якого фреймворку до фреймворку e-CF та було проведено тестування та оцінка ефективності розробленого програмного забезпечення.

Література:

1. European e-Competence Framework 3.0. — A common European Framework for ICT Professionals in all industry sectors, 2014.
2. European ICT Professional Role Profiles 2.0. — EU ICT Professional Role Profiles version 2 – The 30 ICT Profiles.

ПОШУК ТА ПОРІВНЯННЯ ТОВАРІВ НА МАЙДАНЧИКАХ ЕЛЕКТРОННОЇ ТОРГІВЛІ

Вовк М.А., Іващенко О.В., Павленко В.С., Шевченко Т.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Пошук товарів на торгових майданчиках сьогодні є справжнім випробуванням. Кількість товарних пропозицій на торгових майданчиках значно більша, ніж реальна кількість пропонованих товарів. Це збільшує пошуковий простір для клієнта та ускладнює процедуру вибору товару. Часто клієнти не знають напевно, який саме зразок товару їм потрібен. Вони порівнюють конкретні особливості серед подібних продуктів, вибирають товар, а потім порівнюють ціни та вартість доставки. Для спрощення процесу купівлі на ринку електронної комерції ми пропонуємо об'єднати подібні пропозиції товарів від різних продавців у групи та надати покупцям групи подібних товарів. Суттєвою проблемою є назва товару та його опис, які надає продавець. Покупці стикаються з проблемою неповної, неправильної та навіть суперечливої інформації в описі товару. Деякі продавці навмисно додають неправдиві відомості та популярні слова, щоб бути представленими у якомога більшій кількості результатів пошуку.

Проблема пошуку інформації часто постає як задача зменшення простору пошуку, коли слід виділяти та відокремлювати об'єкти зі схожими характеристиками. Такий підхід застосовується на платформах електронної комерції. Збільшення кількості ринків електронної комерції, з одного боку, є проблемою для споживача знайти товар для придбання, з іншого боку, велика кількість продавців викликає жорстку конкурентоспроможність. Отже, обом сторонам (покупцям і продавцям) важливо дослідити проблему та розробити алгоритм навчання або код налаштування для браузера, який здатний розрізняти подібні товари на різних торгових майданчиках на основі назви та опису товару.

Колаборативна фільтрація, пошук та порівняння товарів на майданчиках електронної торгівлі працюють добре, якщо дані, з якими вони «працюють», є повними та точними. Але в реальності опис товарів на електронних ринках далеко не ідеальний. Таким чином, покупці можуть бачити нерелевантні результати видачі під час пошуку деяких товарів. Для поліпшення цієї ситуації пропонуємо проводити нормалізацію товарів - процес побудови повних і точних зразків товарів, що продаються. Нормалізовані елементи розглядаються як високоякісні вхідні дані для внутрішніх алгоритмів систем електронної комерції.

Моделі нормалізації предметів дозволяють: формувати набір унікальних атрибутів предметів; перевести значення атрибутів в уніфіковану форму; побудувати взаємозв'язок між товаром та атрибутами, який однозначно визначає реальний товар. Розроблені моделі були протестовані на експериментальному наборі рюкзаків спортивного Інтернет-магазину.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДА ПОСЛІДОВНОГО АНАЛІЗА ВАРІАНТІВ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ ІНВЕСТИЦІЙ В КОМЕРЦІЙНОМУ БАНКУ

Дабагян Д.А., Годлевський М.Д.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглядається спосіб застосування методу послідовного аналізу варіантів (ПАВ) (його нечіткої реалізації) при розв'язанні задачі оптимального розподілу внутрішніх інвестицій в комерційному банку для збільшення його привабливості для клієнтів. Пропонується, ґрунтуючись на наявному інструменті оцінки Банку (побудованому в рамках раніше виконаних наукових досліджень [1]), побудувати кінцеву множину варіантів розподілу інвестицій за критеріями, і за допомогою нечіткої реалізації ПАВ провести аналіз цієї множини з відсівом безперспективних варіантів.

У такому варіанті застосування, це можна визначити як рішення задачі класифікації: тобто є множина можливих варіантів розподілу інвестицій за критеріями, і є множина оптимальних рішень, яка є підмножиною початкової множини варіантів.

ПАВ в даній реалізації є ітераційною процедурою, на кожній ітерації якої варіанти оцінюються за певним критерієм (групою критеріїв) в порядку зменшення важливості цих критеріїв (груп), і відкидаються найменш перспективні.

Результатом застосування ПАВ буде множина оптимальних рішень (як при заданному інвестуванні досягти максимального ефекту), для подальшого аналізу групою осіб, що приймають рішення.

Такий підхід дозволяє інтеграцію з існуючою автоматизованою системою підтримки прийняття рішень, покликаної для вирішення завдання розподілу внутрішніх інвестицій та оптимізації роботи Банку в цілому, в плані збільшення його привабливості для клієнтів.

Результатом роботи буде алгоритм застосування ПАВ для вирішення задачі розподілу інвестицій. Цей алгоритм буде застосований в подальших наукових дослідженнях, присвячених збільшенню привабливості Банку, як метод для вирішення оптимізаційної задачі розподілу внутрішніх інвестицій.

Література:

1. Bank attractiveness evaluation method based on soft computing in the analytic hierarchy process. Dabahian D., Godlevskiy M. ICTERI 2018, Kyiv, Ukraine.

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОПРОГРАММ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ С АСИНХРОННЫМ КОНВЕЙЕРОМ НА ОСНОВЕ НАИБОЛЕЕ РАННЕГО И НАИБОЛЕЕ ПОЗДНЕГО МОМЕНТА НАЧАЛА МИКРООПЕРАЦИЙ

Кожин Ю.Н., Прокопенков В.Ф.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», Харьков*

Одним из вариантов формирования управляющей последовательности сигналов для исполнения команд вычислителя является микропрограммный способ. В этом случае каждая команда содержит коды элементарных микроопераций. Наличие кода микрооперации приводит к формированию управляющего сигнала, воздействующего на ресурсы вычислителя. Рассмотрим вычислитель с многоцикловым и однофазным характером выполнения отдельных элементарных микроопераций.

Пусть состояние вычислителя характеризуется набором программно-доступных ресурсов R_i , $i=1 \div N$ и для каждого ресурса имеется пара $\langle T_r, T_w \rangle$, где T_r – момент времени последнего использования данного ресурса в качестве входного, а T_w – момент времени последнего использования данного ресурса в качестве выходного. Начало выполнения первой микрокоманды можно принять равным 0. В таком случае в начальный момент времени значения T_r и T_w будут также равны 0.

Каждая микрооперация характеризуется набором входных и выходных ресурсов $\{R_r, R_w\}$. Модель микрооперации в таком случае может представлять совокупность пар $\langle \text{ресурс}, T_0 \rangle$, где ресурс – элемент программной модели вычислителя, а T_0 – момент начала использования ресурса в данной микрооперации относительно момента начала исполнения микрокоманды.

Пусть задана последовательность микроопераций, составляющая микропрограмму $P = \{m_m, m=1 \div M\}$.

При использовании наиболее раннего момента начала для каждой микрооперации $m_m, m=1 \div M$ номер микрокоманды может быть вычислен как $t_j = \max(T_w (\forall R_i \in R_r), T_r (\forall R_k \in R_w))$.

При использовании наиболее позднего момента начала для каждой микрооперации $m_m, m=M \div 1$ номер микрокоманды может быть вычислен как $t_j = \min(T_w (\forall R_i \in R_r) - T_i^e, T_r (\forall R_k \in R_w) - T_k^e)$, где T_i^e и T_k^e моменты окончания использования ресурса в микрооперации.

При использовании подхода наиболее позднего момента начала асинхронный характер выполнения микроопераций в микропрограмме не будет использован, так как все условия начала микрооперации будут удовлетворены. Применение позднего срока для включения микрооперации в решение будет приводить к построению более надежной микропрограммы с точки зрения устойчивости к внешним факторам.

ГІБРИДНА СИСТЕМА ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ПЕРЕДБАЧЕННЯ РЕЙТИНГУ КНИГ

Козуля М.М., Сушко В. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуті питання порівняльного аналізу існуючих рекомендаційних систем (РС) [1] (а саме контентна, колаборативна та гібридна системи фільтрації) та виявлено, що для передбачення рейтингу книг за уподобаннями користувачів, враховуючи вибір жанру чи автора, доцільним є використання рекомендації на основі гібридної системи фільтрації.

Використання гібридних підходів не обмежується застосуванням єдиного способу комбінації алгоритмів. При необхідності можна використовувати кілька гібридів в одній системі [2]. Для даного дослідження зі створення програмного забезпечення рейтингу книг на основі уподобань користувачів, запропонована архітектура гібридної рекомендаційної системи, що представлена на рисунку 1.

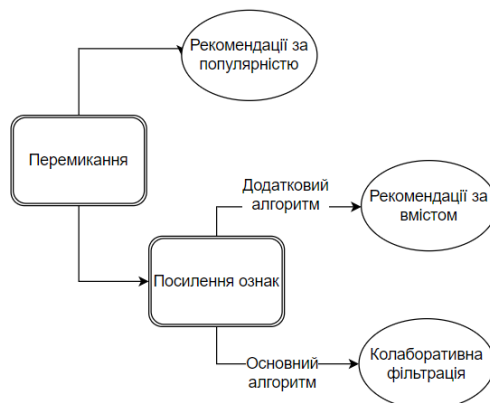


Рис. 1 – Архітектура рекомендаційної системи

На рисунку 1 вказано два основних елемента гібридної РС:

1) Перемикання: для нового користувача система надає рекомендації за популярністю, оскільки вона не знає його переваги та смаки.

2) Посилення ознак: якщо користувач вже виставляв оцінки, система формує для нього рекомендації, використовуючи основний (колаборативну фільтрацію) та додатковий (рекомендації за вмістом) алгоритми, що буде надавати користувачеві рекомендації і на основі оцінених ним елементів у минулому (тобто, за жанром, автором і т.д.).

Таким чином, існуючу проблему «холодного старту» та розрідженості даних для нового користувача ми вирішуємо за допомогою перемикання [3].

Надана рекомендаційна система реалізована у вигляді веб-додатку та тестується для подальшого використання запропонованої РС.

Література:

1 Zeshan Fayyaz, Mahsa Ebrahimian, Dina Nawara Recommendation Systems: Algorithms, Challenges, Metrics, and Business Opportunities – 2020.

2 Erion Çano, Maurizio Morisio Hybrid Recommender Systems: A Systematic Literature Review – 2017.

3 Chyrun, L., Burov, Y., Rusyn, B., Pohreliuk, L., Oleshek, O. Web Resource Changes Monitoring System Development. Workshop Proceedings of the 8th International Conference on “Mathematics. Information Technologies. Education” - 2019.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗБОРУ ДАНИХ ПРО НАУКОВІ ТА МЕТОДИЧНІ ПУБЛІКАЦІЇ З РІЗНОГО РОДУ НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ

Костюк Є.О., Двухглавов Д.Е.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

З року в рік зростає кількість різного роду звітів, довідок та іншої документації, яку кафедра або викладачі мають надавати в різні відділи свого вищого навчального закладу та в інші установи. Одним таких звітів є відомості про наукові та методичні публікації, видані кафедрою. Ці відомості є частиною таких узагальнених документів як звіт про наукову роботу кафедри, ліцензійна або акредитаційна справа.

Викладачі можуть мати публікації, що підготовлені одноосібно, у співавторстві, у виданнях, що індексуються у різних за значимістю наукових базах. Видання можуть бути видані, але не обліковані. Як, наслідок такого різноманіття, завдання підготовки звіту про видання є затратним за часом завданням. Ще більш затратним є узагальнення відомостей про публікації за кафедрою та університет. Різний рівень володіння офісними продуктами призводить до того, що дані представляються у різних форматах. Тому було розроблено інформаційну систему, яка дозволяє централізовано зберігати інформацію про наукові та методичні публікації в базі даних та формувати звіти на основі цієї інформації в форматах pdf та word.

Однак внесення інформації до сховища даних виконується вручну через інтерфейс розробленої системи, що є не дуже зручним варіантом, особливо при розвиненості інформаційних технологій та мов програмування. Одним з варіантів є розширення функціональних характеристик системи, що дозволить, в свою чергу, автоматизовано виконувати пошук даних з наукових джерел та вносити ці дані до системи. Але на кожному джерелі інформація представлена в різному вигляді, тому необхідно перетворити її до того вигляду, який задовольняє система. Для цього необхідно розробити парсер, який буде отримувати тільки ту інформацію, яка необхідна, або використовувати вже існуючі API.

Mendeley - безкоштовна програма для управління бібліографічною інформацією, що дозволяє зберігати і переглядати дослідні роботи в форматі PDF, а також має підключення до міжнародної соціальної мережі вчених. Mendeley API дозволяє отримувати метадані необхідного документу у вигляді JSON файлу. Дані JSON легко аналізуються людьми, а парсери JSON доступні майже для всіх широко використовуваних мов. Деякі мови включають вбудовані парсери JSON. Тому це дозволяє швидко зчитувати дані на будь-якій мові програмування.

Література:

- 1 Mendeley / Режим доступу: <http://www.library.fa.ru/page.asp?id=354/> 12.03.2021.

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПАХ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ

¹Лобанов М.С., ¹Воловщиков В.Ю., ²Шапо В.Ф., ²Левінський М.В.

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

²*Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса*

Вибір програмної системи (ПС), яка автоматизує задачі, вирішення яких є важливим, повинен супроводжуватись оцінкою її якості. Відповідно до стандарту ISO/IEC 25010 виділяють вісім функціональних характеристик якості, однією з яких є надійність.

В роботі особлива увага приділяється саме оцінці надійності ПС. В межах оцінки надійності ПС виконано аналіз відповідних методів, які були класифіковані на статичні, динамічні та емпіричні. З метою обґрунтування вибору методів оцінки надійності ПС в роботі виконано їх порівняльний аналіз. За результатами аналізу обрані три методи, які дозволяють виконати проектну оцінку надійності ПС та оцінку надійності ПС на етапі тестування. До обраних методів увійшли: метод складності та методи Шумана і Муса.

Проектну оцінку надійності ПС пропонується виконувати через вихідну інтенсивність проявів дефектів (ІПД) в програмних модулях (ПМ) – складових елементах ПС, у припущенні розрахунків ІПД до етапу тестування або після. В свою чергу вихідну ІПД рекомендується використати при формуванні орієнтованого нечіткого графу (ОНГ), який буде пов'язаний зі структурою ПС. Кожна вершина ОНГ це ПМ, дуга – перехід між ПМ. Суб'єктивну міру переходу від одного ПМ до іншого пропонується виразити через відповідне значення функції належності, суб'єктивну міру безпомилкового функціонування ПМ рекомендується обчислювати на основі експоненціальної функції, параметрами якої стануть ІПД та час функціонування відповідного ПМ. За побудованим ОНГ обчислюється суб'єктивна міра безпомилкового функціонування ПС, яку і пов'яжемо з оцінкою проектною надійності.

Оцінку надійності ПС на етапі тестування пропонується виконувати з використанням методів Шумана та Муса. Відповідно до методу Шумана тестування необхідно проводити в декілька етапів, кожний з яких представляє собою виконання ПС з набором тестових даних. По закінченні етапу виправляються всі виявлені помилки, корегуються тестові набори та проводить новий етап тестування. Метод Шумана оперує функцією надійності ПС по завершенню тестування та оцінює кількість помилок, які залишились в ПС.

За методом Муса в процесі тестування необхідно фіксувати час роботи ПС до чергової відмови. Відповідно до методу Муса можна обчислити надійність ПС для визначеного періоду експлуатації ПС. Метод уса дозволяє визначити додатковий час тестування для забезпечення договірних відносин щодо середнього часу напрацювання ПС до відмови.

Результати, що були отримані в даній роботі, у подальшому можуть бути використані безпосередньо для розробки та впровадження програмних рішень оцінки надійності ПС.

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АУДИТУ САЙТІВ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Лютенко І.В., Гудей В.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сьогодні актуальним стає питання оцінювання якості веб-сайтів. Ця інформація необхідна для підтримання високого рівня ефективності роботи сайту як маркетингового інструменту, що забезпечить сталий розвиток навчального закладу. Оцінювання якості веб-сайту ґрунтується на основі аналізу технічних, користувацьких та пошукових показників. Метою роботи є моделювання програмних рішень для оцінювання веб-сайтів навчальних закладів, що дозволить максимально зменшити вплив суб'єктивної оцінки експерта.

Щоб забезпечити високий попит користувачів на послуги сайту, необхідно відстежувати такі складові характеристики сайту: технічна складова; інтерфейс; пошуковий рейтинг.

Головною проблемою усіх існуючих ресурсів для оцінювання сайтів є те, що вони оцінюють сайти без врахування їх типу за такою системою оцінювання, що є адекватною лише для одного типу сайту.

Для автоматизації оцінки сайтів необхідно виконати формування групи критеріїв оцінювання для кожної із складових якості сайту та розробку метрик, що дозволяють виміряти значення критеріїв. Також необхідно розробити систему оцінювання, що використовує значення критеріїв відповідно до обраного фактору якості. Бізнес-процеси аналізу сайтів представлені на рисунку 1.

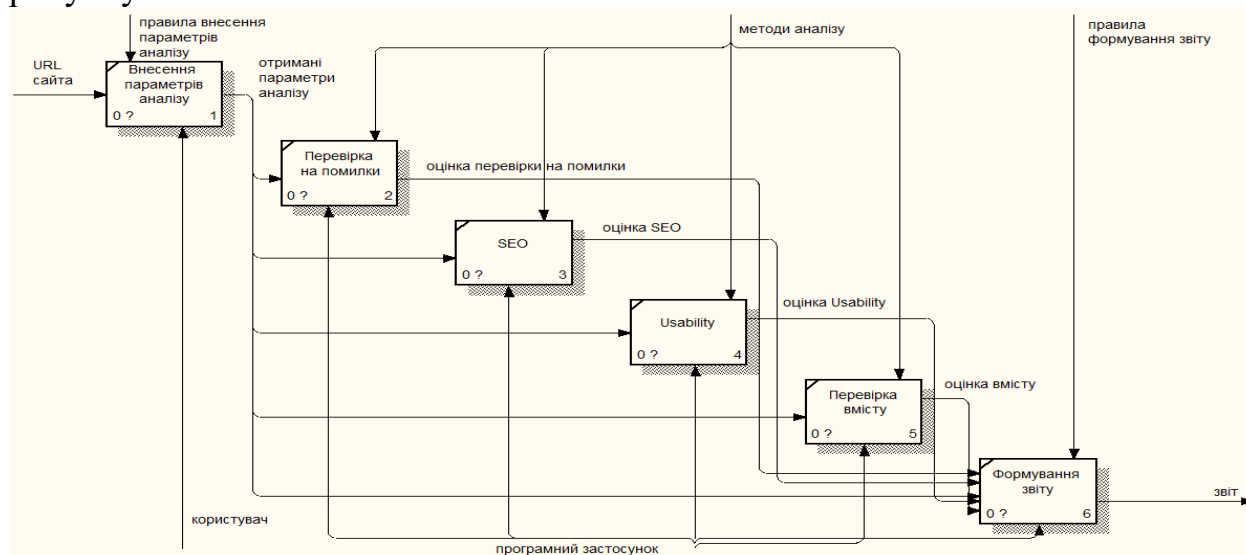


Рисунок 1 – Схема порядку проведення оцінки сайту

Розроблена модель є підставою для проведення подальшого дослідження процесу аудиту сайтів освітніх установ та розробки відповідного програмного забезпечення.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СЕРВІСІВ НАЛАШТУВАННЯ ТАРГЕТОВАНОЇ РЕКЛАМИ

Майдебуря Д.О., Мельник К.В., Борисова Н.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Таргетована реклама – це різновид Інтернет-реклами, спрямований на цільову аудиторію, яка обирається на основі загальнодоступної інформації з профілів користувачів. Цільову аудиторію можна обирати за різними характеристиками: вік, стать, сімейний стан, місце проживання, інтереси, захоплення, смаки, уподобання і т.п. Ця особливість таргетованої реклами робить її ефективним інструментом залучення нових споживачів. Таргетована реклама вирішує декілька взаємопов'язаних задач: збір інформації про цільову аудиторію, яку може зацікавити продукт або послуга; швидке донесення інформації до цільової аудиторії та спонукання перейти на відповідну сторінку для більш детального ознайомлення; виконання цільової дії, наприклад, покупка, заявка, реєстрація та ін. Але для того, щоб таргетована реклама була ефективною та приносила очікуваний прибуток, її необхідно грамотно налаштувати. Для спрощення та прискорення цього процесу можна використовувати готові сервіси. Розглянемо деякі з них, які користуються великою популярністю серед SMM-фахівців.

Targethunter – сервіс автоматизованого пошуку цільової аудиторії у соцмережах, який має понад 150 інструментів пошуку та аналітики аудиторії, дозволяє керувати спільнотами, пропонує декілька тарифних планів [1].

LiveDune – сервіс комплексної роботи у соцмережах, який працює через офіційний API соцмереж, здійснює збір статистики за доданими у сервіс аккаунтами, моніторинг коментарів, автоматичний постинг. Також пропонує декілька тарифних планів [2].

Active Traffic – це універсальний інструмент автоматизації рекламних компаній, дозволяє створювати та керувати рекламними об'явами у соцмережах, надає розширену візуалізовану аналітику та єдину статистику за різними аккаунтами. Система орієнтована на чітке відстеження цілі рекламної кампанії та оптимізації CPA (Cost per Action) – ціни за цільову дію [3].

HiConversion – сервіс, який допомагає в налаштуванні, оптимізації та автоматизації рекламних кампаній, допомагаючи підвищити віддачу від таргетованої реклами [4].

Таким чином, аналіз предметної області показав, що усі розглянуті сервіси, безумовно, мають свої переваги та недоліки, які слід враховувати при розробці власного програмного продукту.

Література:

1. Targethunter. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://targethunter.ru/>
2. LiveDune. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://livedune.ru/>
3. Active Traffic. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.activetraffic.ru/>
4. HiConversion. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hiconversion.ru/service/>

SCOR-МОДЕЛЬ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Орловський Д.Л., Копп А.М., Лактіонов С.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Логістика є частиною процесу ланцюга постачання, де результативне планування, здійснення і контроль над його основними етапами, включає в себе зберігання і пересування продукції, а також напрямки пов'язаних з цим послуг і потоків інформації від точки постачання до кінцевого користувача.

З метою більш ефективного аналізу, планування і проектування ланцюгів постачання, радою по ланцюгах постачання (The Supply-Chain Council – SCC) була розроблена референтна процесно-орієнтована модель SCOR (Supply Chain Operations Reference Model). Модель об'єднує три досить популярні сучасні управлінські концепції – Business Process Reengineering, Benchmarking, і Best Practice. Реалізуючи цей підхід, SCOR-модель передбачає фіксацію поточного стану процесів, і встановлює, як процеси повинні виглядати в подальшому.

Одним із завдань, яке можна вирішити в контексті розробки системи контролінгу з використанням SCOR-моделі, є оцінка перспектив впровадження передових технологій і концепцій. Дана оцінка здійснюється за ієрархічною структурою метрик SCOR [1], які організовані від рівня організації до рівня процесу і рівня діагностики (рис. 1).

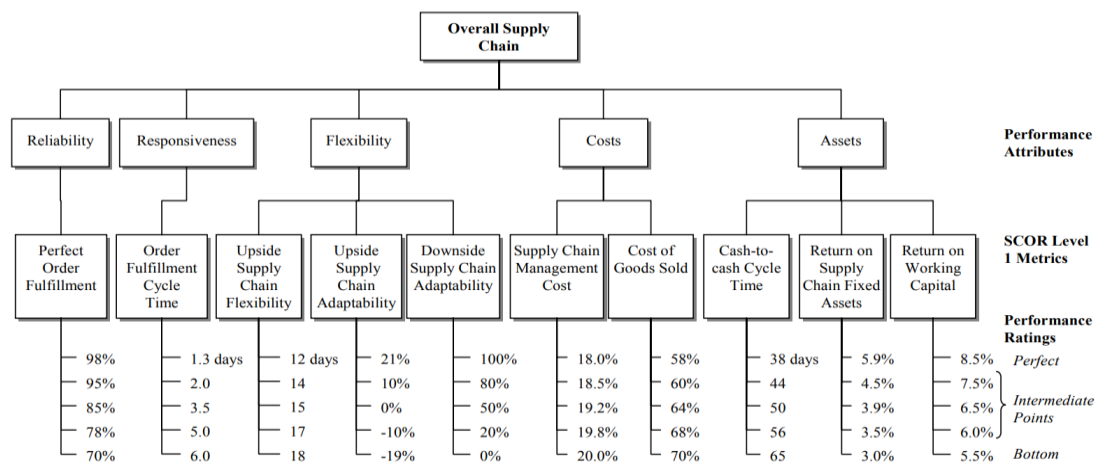


Рис. 1 – Метрики SCOR 1-го рівня

Згідно з таким підходом було спроектовано програмне забезпечення для оцінки ефективності логістичних бізнес-процесів, аналізу вузьких місць у ланцюзі постачань та оцінки перспектив впровадження передових технологій і концепцій.

Література:

1. A. Theeranuphattana. An Integrated Approach to Measuring Supply Chain Performance. / Theeranuphattana A., Tang John C.S., Khang, Do Ba. // Industrial Engineering & Management Systems Vol 11, No 1, Mar 2012, pp. 54–69. doi: 10.7232/iems.2012.11.1.054

ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ОСТРІВНИХ КРАЇН, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ

Санько І.В., Лютенко І.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Задачі транспортування вантажів залишаються актуальними вже на протязі більш ніж ста останніх років.

Обробка інформації, що циркулює в логістичній системі, складає основу для процесу управління матеріальним потоком. В наш час існує дуже багато інформаційних систем, що використовуються в логістиці. У мовно їх можна поділити на декілька груп [1] – це автоматизовані системи управління; інтегровані системи; інтегровані інформаційні системи; корпоративні інформаційні; системи MRP/MRP II (системи автоматизації процесів планування потреб у матеріалах / ресурсах); системи CRM (інтегрована система управління ланцюгами поставок, по яких товар із сировини перетворюється у готову продукцію, а потім через систему реалізації надходить до кінцевого споживача); система IRP (концепція, яка охоплює всі завдання автоматизації управління підприємства на базі систем управління знаннями).

Управління транспортуванням товару та матеріалів є однією з ключових функцій логістики. Автоматизація цієї функції дуже важлива для збільшення ефективності функціонування всієї логістичної системи. Незважаючи на велику кількість вже розроблених інформаційних систем для транспортної логістики, регулярно виникають задачі, що потребують доробки існуючих систем та створення нових програмних рішень.

В дані роботі розглядається проєкт створення програмних рішень для логістичної компанії з Філіппін, який повинен враховувати ряд особливостей. Оскільки Філіппіни – це острівна країна, що має в своєму складі більше 4 тисяч островів, то це накладає певні обмеження на систему транспортування товару.

При доставці товару (навіть при одній транзакції) можуть використовуватися різні види транспорту – морський, автомобільний, повітряний. Присутні високі ризики несвоєчасної доставки або втрати товару.

Також для цієї країни характерний великий рівень вуличних крадіжок. Тому виникає необхідність постійного відстеження процесу доставки товару.

Програмне забезпечення розробляється для компанії, що є посередником між складськими та великою кількістю кур'єрських компаній, які користуються різними інформаційними додатками. На підставі цього виникає задача збору, обробки, перетворення даних, що мають різний формат.

Література:

1. Яценко Р.М., Ніколаєв І.В. Інформаційні системи в логістиці. Харків: Видавництво ХНЕУ, 2012. – 232 с.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНОГО ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Салова О.В., Борисова Н.В., Кочуєва З.А., Мельник К.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Використання засобів комп'ютерного тестування знань, умінь та навичок студентів сьогодні вже не є чимось інноваційним. Воно набуло значного поширення. Всесвітньовідомі ІТ-корпорації та багато інших ІТ-компаній пропонують користувачам платні та безкоштовні програмні продукти для тестування з різноманітним функціоналом. Проте можливості цих систем тестування обмежені, коли мова йде про тестування знань студентів з математичних дисциплін, тому що крім стандартних типів питань виникає необхідність у використанні спеціальних типів питань, дотичних до різних тем, відповіді на які перевірялися би так само автоматично, як і при перевірці відповідей на питання стандартних типів. Наприклад, при вивченні дисципліни «Дискретна математика» студенти вивчають такі теми як «Теорія множин», «Теорія відношень», «Булева алгебра», «Теорія графів», у межах яких можна виділити спеціальні типи питань (табл. 1).

Таблиця 1 – Спеціальні типи питань з дискретної математики

Тема	Спеціальні типи питань
Теорія множин	Знайти об'єднання, перетин, різницю множин; визначити усі підмножини множини; побудувати діаграми Вена та кола Ейлера; спростити вираз
Теорія відношень	Знайти декартів добуток множин; побудувати матрицю відношення; знайти обернене відношення; знайти композицію відношень; визначити чи є відношення рефлексивним, антирефлексивним, симетричним, антисиметричним; визначити кількість та склад класів еквівалентності; визначити чи є відношення функціональним; знайти область визначення та область значень функціонального відношення; визначити чи є функціональне відношення сюр'єктивним, ін'єктивним або бієктивним відображенням; знайти об'єднання, перетин, різницю відношень
Булева алгебра	Побудувати таблицю істинності булевої функції; знайти порядковий номер булевої функції; здійснити перехід від формули до таблиці істинності булевої функції; знайти двоїсту функцію; визначити чи є булева функція самодвоїстою; спростити вирази
Теорія графів	Побудувати матрицю суміжності та матрицю інцидентів графа

Таким чином, при проектуванні комп'ютерної системи тестування знань студентів з математичних дисциплін, крім стандартних типів питань, обов'язково треба передбачити використання й спеціальних типів питань.

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ В ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ

Сидоренко Г.Ю., Гаркуша В.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Проблема системи управління будь-якими ресурсами завжди буде актуальною, оскільки вона зумовлена сукупністю певних факторів, пов'язаних з багатьма аспектами управління. Управлінська діяльність спрямована насамперед на прийняття важливих рішень, а також на розробку та реалізацію планів організації. Функції управлінської діяльності полягають у відборі працівників, подальшому ознайомленні з виробництвом та розумному напрямку управління ресурсами [1-2].

Раніше необхідність вдосконалення механізму планування, освіти та використання запасів матеріальних ресурсів, неприпустимість формування надмірних та зайвих запасів та матеріалів з обладнанням. Пізніше, як зазначалося, "виникла нагальна потреба в реалізації такої концепції управління економікою, яка б об'єктивно забезпечувала поєднання інтересів усіх суб'єктів на різних рівнях управління" [3]. Метою даної роботи є аналіз та синтез основних проблем управління запасами підприємства, а також створення працездатного програмного забезпечення для виробничої системи.

Механізм управління запасами повинен виконувати наступне:

1. Удосконалити постійні рівні запасів, даючи керування запасами на підлозі за допомогою портативних пристроїв або через комп'ютер.
2. Скоротити час, необхідний для упаковки отримання та реєстрації товарів, що надходять. Мінімізувати технологічні витрати завдяки централізованим вимогам до обладнання.
3. Зробити зручний інтерфейс (UI) для будь-якого користувача.

Зрозуміло, що рішення по зростанню актуальності проблем управління запасами дає не мінімізація, а оптимізація. На сьогодні аналіз ефективності та оцінка політики управління запасами стає все більш важливою функцією адміністрації більшості компаній. У деяких компаніях все частіше застосовується теорія управління запасами. Рівні запасів можуть використовувати своє призначення, якщо розробити успішну систему управління та замінити витратні матеріали.

В роботі проведений аналіз та вибір математичних моделей поставленої задачі, вибір та реалізація алгоритмів для одно- та багатоменклатурних моделей, а також визначення напрямків поліпшення якості системи.

Література:

1. Brindha Dr.G. International Journal of Innovative Research in Science // Engineering and Technology – 2007.
2. Барінова Е.А. Современные проблемы в управлении ресурсами // Студенческий: электрон. научн. журн. 2019. № 18(62).
3. Bernadette Goodman, Gerlinde Rust. Retail Store Inventory Management Implementation Guide, Volume 1 – Configuration, Release 15.0 – 2015.

СТАТИСТИКА СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНОГО КУТА НАХИЛУ ДОТИЧНОЇ ДО ВИПАДКОВОЇ МАРКІВСЬКОЇ КРИВОЇ

Сидоренко Г.Ю., Мазманишвілі О.С., Реброва А.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В ході досліджень шорстких поверхонь має великий інтерес крутизна нерівностей, тобто поведінка кутів ϑ нахилу дотичної в різних точках кривої профілю, що є оброблений [1, 2]. Аналогічна проблема зустрічається в завданнях технічної фізики при аналізі таких кривих, що володіють випадковими властивостями. [3].

Нехай крива $x(l)$ задана на відріжку $0 \leq l \leq L$. За допомогою функціоналу

$$\vartheta^2 = \frac{1}{L} \int_0^L \left(\frac{dx}{dl} \right)^2 dl,$$

можна охарактеризувати середню для даного інтервалу крутизну, оскільки для кутів $\vartheta(l)$ нахил дотичної $\tan \vartheta(l)$ співпадає з $dx(l)/dl$. Функціонал $\vartheta = \vartheta[x]$ є випадковою величиною, що визначена як стохастична функція $x(l)$, яка має першу похідну.

Метою даної роботи є знаходження ймовірнісних характеристик функціоналу ϑ , при цьому як функцію $x(l)$ буде розглянута функція, що є стохастичним гармонійним процесом. Такий процес описується як розв'язання стохастичного диференційного рівняння

$$\frac{d^2 x}{dl^2} + 2\beta \frac{dx}{dl} + \omega^2 x = f(l),$$

з параметрами: декремент β , власна частота ω , при цьому процес білого шуму $f(l)$ володіє корелятором $\langle f(l)f(l') \rangle = \sigma \delta(l-l')$ з інтенсивністю σ ($\langle \cdot \rangle$ - усереднення за всіма можливими реалізаціями в ймовірнісному просторі).

В даній роботі розглянуті диференційовані випадкові криві, які задані як розв'язання лінійного диференціального рівняння другого порядку з широкосмуговим шумом типу «білого» шуму в якості процесу, що породжується. Для таких кривих побудовано функціонал, фізичним змістом якого є середнє відрізка спостереження від квадрата похідної кривої.

В роботі отримано аналітичний вираз для характеристичної функції щільності розподілу ймовірностей розглянутого інтегрального функціоналу, що є перетворенням Лапласа для шуканої щільності розподілу функціоналу. Наведено чисельні приклади, що характеризують вплив початкових умов, довжини відрізка реєстрації та її параметрів.

Література:

1. Хусу А. П., Витенберг Ю. Р., Пальмов В. А. Шероховатость поверхностей. Москва: Наука, 1975. 344 с.
2. Мазманишвили А.С., Сидоренко А. Ю. Компьютерное моделирование гармонического стохастического процесса Орнштейна-Уленбека. Тези доповідей міжнародної науково-практич. конф-ції «Автоматика-2018». Львів: Львівська політехніка. 2018. С. 67–68.
3. Мазманишвили А. С. Континуальное интегрирование как метод решения физических задач. Киев: Наукова Думка. 1987. 224 с.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПОШУКУ СПІВМЕШКАНЦІВ ТА КВАРТИР «НОМЕМАТЕ»

Стопкевич О.С., Букрєєва К.С.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

За допомогою інформаційних технологій можна по-новому вирішувати багато завдань. Так, було виявлено, що за кордоном вже ніхто не шукає квартири за паперовими оголошеннями чи газетами, а популярними є спеціальні мережі для пошуку житла [1]. В Україні немає сервісу, який пропонував би пошук співмешканців для спільної оренди. Також, варто зазначити, що більшість молодих українців просто не можуть дозволити собі самостійно платити оренду. Тож єдиною опцією є пошук співмешканців за допомогою популярних соціальних мереж у групах, що незручно та є малоефективним.

Саме тому є потреба в розробці соціальної мережі для пошуку співмешканців та квартир. Соціальна мережа надаватиме можливість спілкуватися з іншими користувачами, які теж шукають квартиру та тими, хто здає житло в оренду (агенти та власники). Інвестуючи свої кошти, користувач отримуватиме додаткові повідомлення, просування у пошуку. Проєкт також є потенційно цікавим для партнерів, які зможуть купувати рекламні місця, а також розташовувати свої банери.

Для реалізації проєкту з розробки соціальної мережі «HomeMate» були обрані сучасні технології розробки програмного забезпечення на основі Ruby on Rails. Основні плюси проєкту, порівняно з конкурентами – наявність чату, пошуку співмешканців. Після аналізу ринку було виявлено, що у конкуруючих сервісах часто наявні проблеми з адаптивною версткою, не пропонується пошук співмешканців, погана модерація оголошень, брак потрібних фільтрів. Ці проблеми вирішуються у проєкті.

Розроблена інформаційна система надає можливість користувачам швидко знайти не тільки житло, а й вирішити проблему пошуку співмешканця для сумісної оренди. За допомогою алгоритмів пошук буде відображати найбільш прийнятні за різними критеріями профілі, у чаті можна обговорити ті чи інші варіанти квартир, які теж будуть відсортовані та перевірені модераторами сервісу.

Даний програмний продукт має широкий ринок збуту. Він буде корисним та матиме попит у студентів, які не мають достатньо коштів на самостійну оренду житло, користувачів, які не можуть собі дозволити самостійну оренду або ж просто шукають компанію, агентів, які здають квартири та шукають орендарів, власників квартир, які шукають орендарів та партнерів, які хочуть розміщувати рекламу.

Література:

1. Особливості оренди нерухомості за кордоном [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vega-expert.com/osoblivosti-orendi-neruhomosti-za-kordonom/>

ОСОБЛИВОСТІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН В ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНІХ РЕСУРСАХ

Тараненко І.І., Борисова Н.В., Кочуєва З.А., Мельник К.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

На сьогоднішній день вища освіта України переживає фазу суттєвої трансформації, поштовхом до якої послужила, у тому числі, й пандемія. Саме тому все більш активно здійснюється пошук інноваційних способів подання освітнього матеріалу, у першу чергу шляхом використання інформаційно-комунікаційних технологій, що раціоналізують навчальний процес та підвищують якість підготовки майбутніх фахівців в умовах дистанційного навчання. Одним із таких способів є створення електронних освітніх ресурсів, які з одного боку надають студентам доступ до усіх матеріалів з дисциплін, що ними вивчаються, а з іншого організовують індивідуальний навчальний простір студента, це особливо важливо в умовах, коли кількість годин на самостійну роботу постійно збільшується. У межах даного дослідження основну увагу було приділено електронним освітнім ресурсам з дискретної математики, що доступні онлайн та використовують різні форми представлення матеріалу: текст, презентація, навчальне відео. Аналіз цих ресурсів дозволив визначити напрямки роботи щодо розробки власного електронного навчального ресурсу з дискретної математики, що буде інтегрований до уніфікованої програмної навчальної оболонки кафедри. З метою з'ясування найзручнішого формату подання навчальних матеріалів для самих студентів, нами було проведено опитування, результати якого представлено на рисунку 1.

Оберіть спосіб подання навчального матеріалу в електронному освітньому ресурсі з дискретної математики

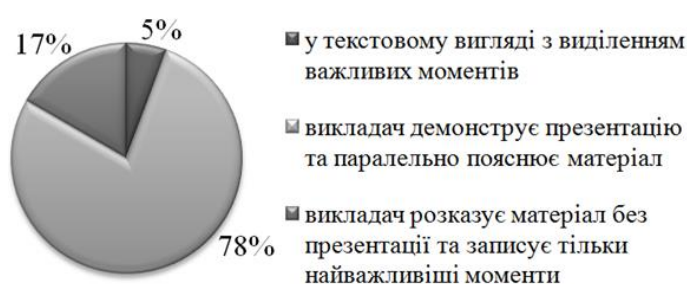


Рисунок 1 – Результати опитування

Як можна побачити, за результатами опитування, більшість студентів надала перевагу такому формату подання навчального матеріалу, коли викладач демонструє презентацію, паралельно супроводжуючи слайди поясненнями матеріалу. Відповідно дану модель і буде реалізовано у майбутньому електронному навчальному ресурсі.

Для доступу до матеріалів електронного навчального ресурсу студент повинен бути пройти процедуру реєстрації, після чого він отримає доступ до усіх тем та завдань ресурсу, також він матиме можливість завантажити презентаційні матеріали, відео або матеріали у текстовому форматі, крім того передбачається наявність чату з викладачем, де студенти у разі потреби зможуть задавати свої питання як у синхронному, так і у асинхронному режимах. Викладач у свою чергу матиме можливість вивантажувати навчальні матеріали, та відповідати на питання студентів.

АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ КФС НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ

Фурсов І.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі розглянуто питання підвищення інформаційної безпеки кіберфізичних систем (КФС) за допомогою статистичних методів. Досліджено застосування методів дисперсійного аналізу, кореляційного аналізу, однофакторного дисперсійного аналізу у питаннях визначення порушень безпеки КФС на прикладі роботи вітрових електрогенераторів, що являються основою Smart Grid систем розумного електропостачання новітніх енергосистем. Актуальність роботи обумовлена великими збитками енергетичних компаній при інформаційній атаці на енергосистеми, загрозами виходу з ладу важливих елементів інфраструктури та об'єктів забезпечення життєдіяльності людини, загрозами навколишньому середовищу та життю людини та відносною легкістю порушення безпеки КФС що обумовлена великою кількістю каналів даних, до яких потенційних зломисник має прямий доступ. Застосовані у даний час методи визначення фальсифікації даних у інформаційному потоці КФС, а саме метод нейронних мереж, метод само подібності процесів складних систем та ін., не надають надійної інформації про стан інформаційного потоку КФС, оскільки не аналізують вхідний потік даних, базуються на знаннях про стан атаки на КФС, тому не можуть виявити нові типи атак. Для усунення даних недоліків існуючих методів було запропоновано використання статистичних методів виявлення фальсифікованих даних у інформаційному потоці КФС, що не були достатньо розглянуті у науковій літературі. Статистичні методи дозволяють проводити комплексний аналіз зміни параметрів навколишнього середовища викликаний низкою факторів, що можуть бути використані як індикатори для виявлення фальсифікованих даних. Інформація про поведінку певних змінних при впливі окремих факторів є унікальною для кожної КФС, тому може слугувати основою методу визначення атак на КФС. А комбінація методу нейронних мереж з попереднім статистичним аналізом дозволить досягти підвищення рівня розпізнання атак, що складає близько 80% на даний момент. У роботі було запропоновано алгоритм виконання аналізу вхідного потоку даних системи КФС вітрового генератора, що складається з таких етапів:

- 1) збір та первинна обробка даних КФС вітрогенератора з вхідними параметрами: «час замру», «сила вітру», «кут вітру».
- 2) збір описових статистик вхідного потоку: моди, медіани, дисперсії;
- 3) однофакторний дисперсійний аналіз даних;
- 4) розробка регресійної моделі роботи вітрогенератора відносно параметру «потужність» з вхідними параметрами: «час замру», «сила вітру», «кут вітру».

ГРУПУВАННЯ ТОВАРНИХ ПРОПОЗИЦІЙ НА ТОРГОВИХ ПЛАТФОРМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ ТОРГІВЛІ

Чередніченко О.Ю., Зубенко А.О., Євтушенко Д.С., Хоанг В. Х.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Сьогодні бізнес електронної комерції швидко розширюється. Кількість продавців та клієнтів різко зросла, а канали збуту значною мірою перейшли в Інтернет простір. Продавці намагаються представити свої товари таким чином, щоб бути представленими у відповідь на якомога більшу кількість запитів. Тому дуже часто вони маніпулюють на інформації про опис товару. У покупців це викликає проблему пошуку необхідних товарів.

У цьому дослідженні ми зосереджуємося на питанні спрощення процесу вибору товару для споживачів. Загалом існує два основних варіанти поведінки покупця. Перший - це коли клієнт точно знає, який товар може задовольнити його потреби. Завдання тут - знайти найкращу пропозицію серед величезної кількості продавців на ринках електронної торгівлі. Це питання вирішується за допомогою засобів пошуку інформації. Другий варіант - це коли клієнт має невирішену проблему, але він не знає, який товар із визначеним набором атрибутів може вирішити цю проблему. У такому разі покупець стикається з проблемою величезної кількості пропозицій. Задача дослідження полягає у розробці алгоритму, який може зменшити пошуковий простір для клієнта.

Для поліпшення процесу пошуку товару ми розглядаємо методи машинного навчання. Для спрощення пошуку покупця необхідно формувати подібні товари в групи. Було б корисно мати алгоритм, який може порівнювати товари та визначати товар, на який посилається, який найкраще підходить для групи товарів, щоб зробити процес пошуку простішим, швидшим та точнішим. Методи машинного навчання з підкріпленням останнім часом широко використовуються в різних сферах. Штучна нейронна мережа, навчена за допомогою глибокого підкріплення навчання, здатна генерувати оптимальні видачі подібних товарів, без будь-яких попередніх знань та у обмежений час. Навчання результуючого навчального агента з підкріплення повністю засноване на формуванні штучних траєкторій на основі обмеженого набору ринкових історичних даних.

В роботі пропонується підхід, який дозволяє групувати товарні пропозиції на основі попередньо розміченого корпусу та техніки навчання з підкріпленням. Ядро тегів будується для кожної групи подібних елементів шляхом обробки текстових описів подібних елементів. Запропонована модель будує пошуковий запит, комбінуючи слова з ядра тегів, щоб отримати відповідний список подібних елементів та запропонувати контрольний елемент групи. Як показали експерименти, подібні продукти з платформи електронної комерції можна легко знайти, якщо відомо ядро тегів для певної групи. Успішні результати суттєво залежать від платформи електронної комерції, де було отримано ядро тегів.

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ОЦИФРОВАНОГО ДОКУМЕНТУ

Чмихало О.С., Двухглавов Д.Е.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В сучасних умовах діджіталізація документообігу стає не просто примхою великих компаній, які можуть собі подібне дозволити, а стає необхідністю для кожної сучасної людини. Слід відзначити, що підходи до діджіталізації відомі, оцифрування проводиться багатьма способами, але при цьому можна стверджувати, що процес упорядкування оцифрованих документів реалізовано не ефективно.

Процес створення електронного каталогу включає в собі такі фази:

- 1) створення класифікатору документів;
- 1) сканування (або оцифрування) документів;
- 3) визначення типів електронних документів та зарахування їх в необхідну гілку класифікатора.

Але ж в сучасності дії з класифікування виконуються вручну, що займає тривалий час та потребує наявності певної кваліфікації у операторів. Тому для скорочення часу та витрат на підготовку операторів запропоновано розглянути доцільність впровадження системи розпізнавання виду цифрового документу в процес визначення його типу.

Проводився аналіз думок та вимог майбутніх користувачів універсального класифікатора оцифрованих документів. Результати порівняльного аналізу, складеного на підставі думок експертів, наочно демонструють, що наявність системи автоматичного розпізнавання виду документів позитивно впливає на суб'єктивну думку користувачів щодо привабливості даного програмного рішення. Це дозволить автоматизувати процес класифікації документів та зменшить навантаження на співробітників організації, що буде використовувати запропоноване програмне рішення.

Слід відзначити, що додаткова складність задачі полягає у тому, що документи можуть бути як друковані, так і рукописні. Також можуть виникнути складнощі, пов'язані з оцифруванням документів та персоналізованими відмінностями однотипових рукописних документів. Тем не менш, програмне рішення повинно надавати можливість позбутися ручної категоризації документів або звести її до мінімуму, швидко знаходити в системі потрібні документи, контролювати доступ до конфіденційної інформації.

Запропоноване до розробки програмне рішення повинно бути здатним автоматично розподіляти всі документи по певним категоріям – за змістом, за призначенням, відштовхуючись від підрозділів, галузей та інших показників, що налаштує сам користувач.

ДО ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГЕНДЕРНОЇ ПРИНАЛЕЖНОСТІ АВТОРА ПИСЬМОВОГО ТЕКСТУ

Шлейко А.М., Борисова Н.В., Кочуєва З.А., Мельник К.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Задача визначення гендерної приналежності автора письмового тексту є однією з задач авторознавчої експертизи. Вона може вирішуватися експертом, але враховуючи ті можливості, які надають сучасні інформаційні технології та зважаючи на кількість наявної в електронному вигляді інформації, автоматизація вирішення цієї задачі є доволі актуальною. За своєю суттю задача визначення гендерної приналежності є задачею класифікації, у результаті якої уся множина об'єктів, у нашому випадку текстів, розбиватиметься на два класи: тексти, написані чоловіками, та тексти, написані жінками. Для вирішення задачі класифікації найефективнішими є методи машинного навчання, що підтверджено численними дослідженнями для різних мов. У якості ознак класифікації при визначенні гендерної приналежності зазвичай використовуються різноманітні характеристики тексту, що можуть бути автоматично у них ідентифіковані та відображають морфологічні, лексичні, синтаксичні та стилістичні навички автора тексту. Проте, крім авторознавчої експертизи, задачу визначення гендерної приналежності людей необхідно вирішувати і в інших сферах діяльності, наприклад, банківській справі, страхуванні та ін., де немає можливості проаналізувати тексти. У цьому випадку гендерну приналежність особи можна визначати за її прізвищем, оскільки в наявності є деякі особисті відомості. На перший погляд задача вирішується просто: визначення гендерної приналежності можна здійснювати за останніми літерами прізвища. Але є декілька проблем, які потребують іншого підходу, а саме як ідентифікувати осіб за прізвищами, які взагалі не мають розподілу на «чоловічу» та «жіночу» версії, наприклад, українські прізвища: Шевченко, Іваненко, Бондаренко, Ковальчук, Мельник, Колісник, Циганок, Соломка, Ястребка, Курочка, Дзюба, Кашуба, Мовчан, Рубан, Петрів, Данилів, Маркович, Данилович, Катрич, Тягай, Бугай, Плаксій, Палій, Шамрай, Скрипаль, Коваль, Петрусь, Гузь, Степанець, Лубенець, Скляр, Маляр, Стельмах, Дідух, Льох, Бихун, Моргун, Куделя, Мигуля, Потєбня, Головня та багато інших; іноземні прізвища: Сміт, Уїлсон, Тейлор, Мур, Джонсон, Девіс, Шнайдер, Фішер, Вагнер, Майер, Леруа, Арно, Дюбуа, Жаккар, Мартінес, Гарсія, Фернандес, Гомес, Сантос, Алмейда, Перейра, Абреу, Каваллі, Маріконе, Романо, Лі, Ван, Чжан, Лю, Ян, Кім, Пак, Цой, Юн, Нгуєн, Ван, Тон, Фунг та багато інших. У цих випадках можна використовувати додаткові дані, такі як імена та/або по батькові, якщо вони є в наявності. Проте, слід взяти до уваги, що практика використання імен у різних країнах різна, отже необхідно використовувати бази імен певної мови, у яких вже вказано стать. Отже, необхідно розробити такий алгоритм, який міг би покрити у тій чи іншій мірі усі можливі випадки та працював з мінімально можливою кількістю помилок.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ОНЛАЙН СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Яковлєва В.В., Борисова Н.В., Кочуєва З.А., Мельник К.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Онлайн системи тестування знань студентів використовуються сьогодні доволі широко. Проте в основу більшості з них покладено традиційну модель тестування, коли студент відповідає на усі питання тесту, за правильні відповіді він отримує відповідні бали, за сумою яких від і отримує підсумкову оцінку. Проте ця модель не повною мірою враховує чи структуровані знання з дисципліни має студент. На відміну від традиційної моделі, адаптивна модель тестування є більш ефективною у цьому плані, оскільки результат тестування напряму залежить від цього. При адаптивному тестуванні, коли наступне питання видається студентові в залежності від того, правильну чи неправильну відповідь він дав на попереднє питання, надання питань продовжується до тих пір, поки студент не досягне порога своєї компетентності. Якщо студент має чітку структуру знань, він відповість на невелику кількість питань адаптивного тесту. Якщо ж структура знань студента не є чіткою, час тестування може збільшитися через те, що при зміні рівнів складності питань складно визначити рівень знань студента і доводиться надавати йому додаткові питання. Такий же підхід використовується викладачем, наприклад, на колоквіумах, він дозволяє більш об'єктивно визначити оцінку студента, тому він є більш ефективним. Тому для власної системи тестування нами було обрано саме адаптивну модель.

Нами було обрано однокрокову стратегію адаптивного тестування, тобто тестування починається одразу, без попереднього тестування, як це здійснюється при багатокроковій стратегії. У системі буде доступно п'ять типів питань як закритого типу, так і відкритого типу. Кожне питання матиме рівень складності відповідно до шкали оцінки рівня складності. Кожний рівень складності матиме свій ваговий коефіцієнт, значення якого знаходитимуться у діапазоні від 0 до 1. Чим вищий рівень складності, тим більшим є ваговий коефіцієнт. При підрахунку результатів тестування коефіцієнт помножуватиметься на кількість правильних відповідей, потім отримані результати підсумовуватимуться та зіставлятимуться з оцінкою. Оцінка виставлятиметься відповідно до шкали ECTS.

Представимо більш детально сам процес тестування. Зміна рівня складності завдань здійснюватиметься поступово. На початку система надаватиме студентові 5 питань різних типів середнього рівня складності. Якщо студент відповість правильно на 4-5 питань, то рівень складності наступних питань збільшуватиметься; якщо студент відповість правильно на 3 питання, то рівень складності не змінюватиметься; якщо студент відповість правильно на 1-2 питання, рівень складності зменшуватиметься. Надання питань продовжуватиметься до тих пір, поки не спрацює критерій завершення тестування.

ЗБІР ТА ВИДОБУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ШЛЯХОМ ПОБУДОВИ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ

Янголенко О.В., Матвеев О., Острогляд В.В., Корсун І.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

З постійним зростанням кількості товарів на електронних ринках, покупцям важко знайти та вибрати предмети, які б задовольнили всі їхні потреби та очікування. Алгоритми пошуку та фільтрації рекомендаційних систем, хоча і націлені на допомогу користувачам, все ж досить часто не здатні це зробити через неповний та неточний опис елементів. Спрощення пошуку товару може бути забезпечене шляхом групування подібних товарів з різних торгових платформ.

Дослідження подібності товарів на основі їх опису потребує збору описів товарів з різних торгових майданчиків, що можна реалізувати за допомогою мультиагентної системи. Агентська методологія дозволяє розробляти інформаційні системи, що складаються з агентів, які співпрацюють між собою для досягнення індивідуальних і спільних цілей. Основними особливостями агентів є їх автономність, інтерактивність та здатність до навчання. Агенти можуть самостійно вирішувати, як поводитись для досягнення мети. Також агенти можуть взаємодіяти між собою, як під час соціальної взаємодії. Здатність вчитися пов'язана з розумним агентом систем штучного інтелекту. Мультиагентна система - це сукупність інтелектуальних агентів, розподілених по мережі, що мігрують через неї у пошуках відповідних даних, знань та процедур, які співпрацюють у процесі прийняття рішень. Агентсько-орієнтований підхід до розробки інформаційних систем різного призначення, заснований на використанні інтелектуальних технологій підтримки прийняття рішень, активно використовується вітчизняними та зарубіжними розробниками для вирішення проблем тематичного пошуку інформаційних ресурсів, конкурентної розвідки та обробки великих даних.

Моделі тематичного інформаційного пошуку працюють за рахунок використання багатоагентного підходу та інтелектуальної процедури оцінки приналежності опису товару темі пошуку та відповідності моделі джерела даних надають можливість здійснювати пошук та групувати подібні товари за їх описом.

Після збору необхідно оцінити відмінності в описах одного і того ж товару, представлених на різних торгових платформах, створити набір даних для експериментів, провести експеримент з кластеризації та проаналізувати отримані результати щодо можливості оцінки подібності на основі товарного опису.

Запропонована модель дозволить взаємодіяти із зовнішніми активними інформаційними ресурсами та забезпечить адаптивність та швидку модифікацію мультиагентної системи в умовах, що динамічно змінюються.

СЕКЦІЯ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕХАНІЦІ І СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СТАРТОВИХ ДІЙ У ПЛАВАННІ

Адашевський В.М., Дружинін Є.І., Лавінський Д.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Залежно від прийнятого плавцем стартового положення, кута вильоту центра ваги його тіла, траєкторія польоту центру мас його буде різною і відповідно впливати на ефективність старту. Стартова позиція і кут вильоту зі стартового положення - це ті параметри, які плавець може свідомо варіювати. Таким чином, плавець може вибрати найбільш раціонального для себе швидкість вильоту і траєкторію польоту для подальшої дальності польоту і виходу з мінімальними витратами часу. Після виконання старту плавець переходить до другого етапу дистанції - виходу. Вихід включає в себе ковзання у воді без або з гребковими діями.

На рисунку 1 представлена розрахункова схема для визначення раціональних параметрів вильоту центру мас тіла плавця зі стартової позиції, а на рисунку 2 розрахункова схема для визначення траєкторії, відстані і часу ковзання без гребкових дій.

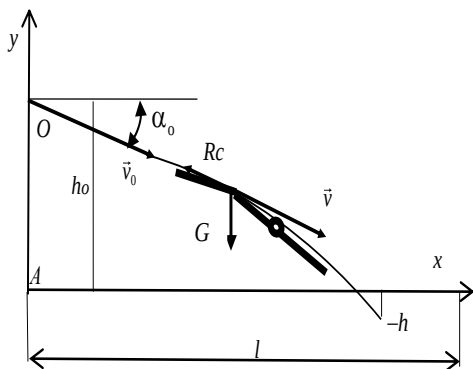


Рисунок 1

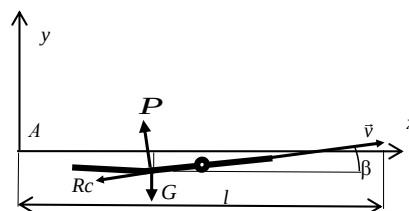


Рисунок 2

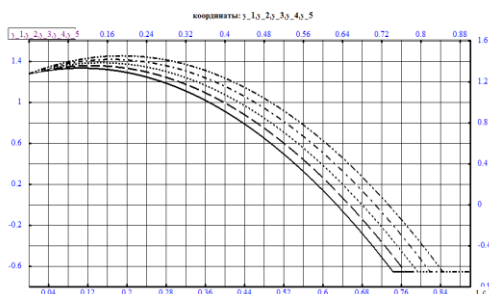


Рисунок 3

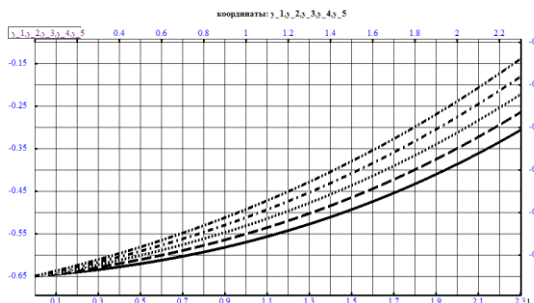


Рисунок 4

На рисунку 3 представлені залежності кутів вильоту і часу польоту до входу в воду центру мас стела, на рисунку 4. Залежно вертикальної координати Y і часу виходу, що дозволить тренеру і плавцю вибрати відповідно їх раціональні поєднання.

РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ДІЙ У ПЛАВАННІ ПО ДИСТАНЦІЇ

Адашевський В.М., Дружинін Є.І., Лавінський Д.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Після старту і виконання виходу плавець приступає до етапу плавання по дистанції. На рисунку 1 показана розрахункова схема для визначення траєкторії, відстані і часу руху при плаванні по дистанції. V – поточна швидкість центру мас тіла, φ – кут повороту тіла щодо фронтальної осі при ковзанні і гребкових діях відповідно. G – сила тяжіння тіла, F – сила тяги, що реалізується при гребкових діях, значення якої можна визначити експериментально за допомогою динамометра встановленого між двох кінців канату і закріплених на поясі спортсмена і на борту басейну. R_c – сила опору водного середовища, P – складова виштовхуючої сили.

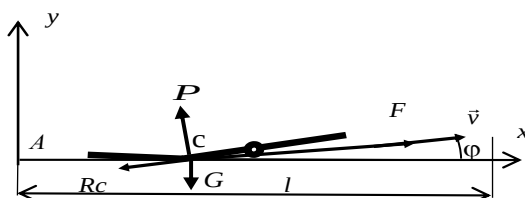


Рисунок 1.

На рисунку 2 показані залежності часу проходження відрізка X при різних значеннях гребкових сил (90,130,180,220,270) Н відповідно. Аналіз цих характеристик дозволить визначити тренеру і спортсмену ефективні варіанти дій верхніх і нижніх кінцівок.

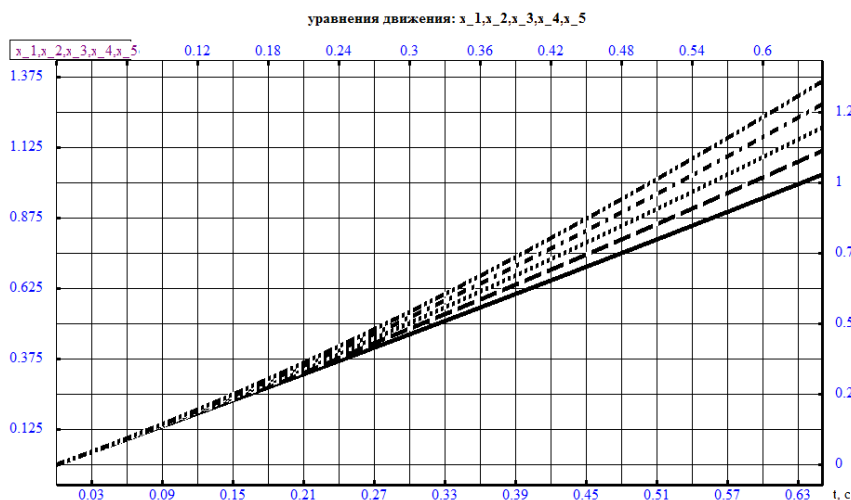


Рисунок 2.

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ДІЙ У ПЛАВАННІ

Адашевський В.М., Дружинін Є.І., Лавінський Д.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Результативність плавання, як виду спорту, полягає в подоланні вправ за найменшу кількість часу різних дистанцій. Цей час включає в себе кілька основних етапів: старт, вихід, плавання на дистанції. Від ефективності проходження кожного з цих етапів залежить результат спортсмена.

Ефективність виконання окремих елементів плавання залежить від фізичних і біомеханічних характеристик, а також від рівня техніки і тактики плавця.

Зрозуміло, що дослідження і удосконалення рухів плавця, з урахуванням його фізичних характеристик, на основі створення і реалізації фізико-математичних моделей його дій, є важливою науковою задачею. На жаль, відомо про малу кількість теоретичних досліджень, з точки зору біомеханіки плавання різними стилями. При цьому в існуючих роботах безліч протиріч особливо в рекомендаціях щодо виконання основних елементів плавання.

Тому найважливішим завданням, для усунення протиріч в існуючих рекомендаціях, пропонується проведення нових оригінальних досліджень на базі фізико-математичного моделювання з подальшою реалізацією моделей для якісного та ефективного аналізу результатів розрахунку і складання рекомендацій для тренерів і спортсменів.

З огляду на вище викладене було проведено пошукові дослідження для складання розрахункових схем і фізико-математичних моделей таких елементів дистанції плавання як старт, вихід, плавання по дистанції.

У роботі використовувався метод фізико-математичного моделювання з урахуванням індивідуальних особливостей плавців.

В результаті даного дослідження розроблені універсальні розрахункові схеми, фізико-математичні моделі, для різних етапів дистанції, при плаванні, з урахуванням індивідуальних особливостей плавців, які можуть бути застосовані до різних стилів плавання.

Реалізація фізико-математичних моделей дозволить скласти рекомендації щодо вибору найбільш раціональних індивідуальних біомеханічних параметрів: стартового положення, кута вильоту центру мас плавця зі старту, виходу, швидкості і часу проходження дистанції. Окремо розглянуто фізико - математична модель з урахуванням гребкових дій кінцівок.

Отримані в результаті дослідження біомеханічні характеристики і їх аналіз допоможуть плавцю і тренеру визначити найбільш раціональні дії плавця, які поліпшать спортивний результат.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВУГЛЕПЛАСТИКУ

Богатир М.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Вуглепластик або карбон - композитний матеріал, структура якого складається із штучних вуглецевих волокон та смол. Властивості вуглепластика, такі як характеристики низької щільності, високі механічні властивості та висока міцність, роблять його одним із найбільш використовуваним матеріалом, замінюючи собою металеві деталі та конструкції.

В ході даної роботи при проведенні експериментального дослідження для виявлення механічних властивостей вуглепластику, було використано зразки композитного матеріалу вирізаних з листа вуглепластика у трьох напрямках. Група зразків уздовж листа - під кутом 0° , під кутом 45° та у поперек - під кутом 90° .

Розмір зразків становить $250 \times 25 \times 2$ мм, згідно до міждержавних стандартів випробування на розтягнення.

В ході експерименту кожен зразок був навантажений десять разів на 100 та 200 кг. Розраховані математичне очікування і дисперсія деформацій та модулі пружності у трьох напрямках.

Математичне очікування розраховувалось за формулою:

$$M[n] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i$$

Дисперсія була розрахована за формулою:

$$D[n] = M[n^2] - M^2[n]$$

Отримані результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати модулю пружності за трьома напрямками

	Мат. очікування	Дисперсія
Зразок під кутом 0°	1,76E-11	2,75E-26
Зразок під кутом 45°	6,80E-11	1,32E-24
Зразок під кутом 90°	1,87E-11	3,66E-26

Отже, в ході даного дослідження було отримано статистичні дані зразків за трьома напрямками.

Література:

- ГОСТ 32656-2017 (ISO 527:4-1997, ISO 527-5:2009) Композиты полимерные. Методы испытаний. Испытания на растяжения.
- Carbon fiber reinforced polymers for implantable medical devices - Corrine Ying Xuan Chua, Hsuan-Chen Liu, Nicola Di Trani, Antonia Susnjar, Jeremy Ho, Giovanni Scorrano, Jessica Rhudy, Antons Sizovs, Graziano Lolli, Nathanael Hernandez, Maria Concetta Nucci, Roberto Cicalo, Mauro Ferrari, Alessandro Grattoni. Biomaterials Volume 271, April 2021

КОЛИВАННЯ ТА УДАРНА МІЦНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ МУЛЬТІКОПТЕРНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Бреславський Д.В., Іванченко К.В., Павловська І.В.,

Татарінова О.А., Чистіліна Г.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Проектування сучасних безпілотних літальних апаратів середньої вантажопідйомності потребує проведення аналізу міцності їхніх конструктивних елементів та апаратів у цілому. Цикл розрахунків включає аналіз частот власних коливань та напружено-деформованого стану при динамічних й ударних навантаженнях, які мають місце при посадці апарату.

Мультікоптерний літальний апарат гібридного типу, виготовлений на кафедрі комп'ютерного моделювання процесів та систем, складається з композитного циліндричного корпусу, в якому розташований двигун, основний гвинт, паливний бак, апаратура управління і навігації, та винесених на стрижневих конструкціях п'яти електричних двигунів з гвинтами управління та стабілізації руху (рис 1).



Рис.1. Мультікоптерний безпілотний літальний апарат

В доповіді надано математичну постановку задачі та методи розв'язання повної проблеми власних значень. Розглянуто власні коливання стрижневої системи, на якій закріплено електричні двигуни. До розрахунків залучено скінченний елемент стрижня при згині. Розрахунки власних частот композитного корпусу проведено за допомогою аналітичних методів. Отримані власні частоти та форми коливань передано для побудови комплексної моделі динаміки мультікоптерного апарату зі скінченним числом ступенів свободи.

Проведено моделювання ударної міцності конструкції мультікоптерного апарату, що розглядається. До моделювання залучено метод скінченних елементів та різницеий метод розв'язання початкових задач. Проаналізовано режими посадки апарату на різні типи поверхонь. Визначено його напружено-деформований стан та області можливого руйнування.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ ТВЕЛІВ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН У ТРУБНІЙ ДОШЦІ

Бреславський Д.В., Паламарчук П.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Однією з важливих проблем забезпечення працездатності конструктивних елементів внутрішньокорпусних пристроїв АЕС є зношування матеріалу при контакті поверхні твела з трубною дошкою. Внаслідок складних теплофізичних процесів, що відбуваються в активній зоні реакторів, завдяки циклічному змінюванню температур мають місце коливання твелів. Цей їхній рух призводить до повторних контактів поверхонь, які в багатьох випадках й обумовлюють зношування матеріалу [1].

Для визначення напружено-деформованого стану у вирізах трубних дошок та у твелах розглянуто послідовність задач. Перша з них – аналіз вимушених коливань твелів у їхній площині під дією поверхневих навантажень. У зв'язку з особливостями конструкції, що розглядається, задачу сформульовано у геометрично нелінійній постановці з шарнірним опиранням країв твелів.

Твел розглядається як довгий стрижень з неоднорідним перерізом. До розв'язання крайової задачі залучено метод зважених відхилів у формі Гальоркіна. Як базові використано функції Крилова. Початкову задачу розв'язано чисельно. Алгоритми розрахунку, детальний опис яких наведено у роботі [2], реалізовано в середовищі MatLab.

Для оцінки достовірності методу та алгоритмів задачу спочатку розв'язано у лінійній постановці, розрахункові дані порівняно з аналітично отриманими. Для випадку врахування геометричної нелінійності проведено цикл розрахунків з різною кількістю базисних функцій, встановлено збіжність розв'язків за часом. Після цього за результатами розв'язання геометрично нелінійної задачі визначено залежність кутів повороту країв стрижнів від часу.

Другу задачу сформульовано у загальній тривимірній постановці. Розглянуто елемент трубної дошки з отвором. Вважається, що твел, край якого моделюється циліндром, контактує з внутрішньою поверхнею отвору.

До розв'язання залучено метод скінченних елементів. За результатами розрахунку визначено поля переміщень, деформацій та напружень у тілах, що контактують. Отримані величини у подальшому можуть бути використані для моделювання процесів зношування.

Література:

1. Wood D.S. Fatigue behaviour of type 316 steel relevant to fast reactors. / D.S.Wood. // Theoretical and Applied Fracture Mechanics, v10, 1, August 1988. – P. 19–26.
2. Breslavsky D.V. Physical and geometrical nonlinear forced oscillations of beams / D.V. Breslavsky, P.I. Palamarchuk // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Dynamics and Strength of Machines : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – № 2. – С. 39-43.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ФУНКЦІОНАЛЬНО ГРАДУЙОВАНИХ ТРИШАРОВИХ ПАНЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОШАРОВОЇ МОДЕЛІ

Бурласько В.М., Дімітрова С.Д.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з потенційних застосувань функціонально градуйованих матеріалів (FGM) є тришарові (сендвіч) панелі [1]. Використання шару FGM усуває концентрацію напружень та запобігає розшаруванню у тришарових конфігураціях панелей при статичних або динамічних навантаженнях [2]. Аналіз вільних коливань FGM сендвіч-панелей є важливим для оцінки їх характеристик як основних компонентів конструкцій.

В роботі розглянуто питання аналізу вільних коливань FGM сендвіч-панелей. Запропоновано скінченно елементну модель на основі елементів континуальної оболонки, які є доступними в програмному пакеті ABAQUS [3]. Підпрограма користувача UMAT для програмування властивостей матеріалу була використана для реалізації функціонально градуйованої залежності матеріальних сталих в скінченому елементі. Виконано застосування розробленої моделі для аналізу вільних коливань сендвіч-панелей з різними комбінаціями функціонально градуйованих матеріалів для середнього та/або зовнішніх шарів. Закони розподілу властивостей матеріалів крізь товщину панелей задовольняли рівнянням степеневі (P-FGM) або сигмоподібної (S-FGM) або експоненціальної (E-FGM) функцій. Наведено чисельні дослідження вільних коливань сендвіч-панелей, що піддавалися різним граничним умовам та відповідали різним структурним параметрам, таким як відношення довжини проліту панелі до її товщини, відношення товщин зовнішніх шарів панелі до її середнього шару, а також показнику об'ємної частки матеріалу. Дослідження показали дуже хорошу узгодженість між отриманими результатами та наявними в літературі, що підтвердило точність розробленої моделі. Серія числових рішень, отриманих під час дослідження, розширює межі прикладів, що застосовуються для тестування подібних задач і складає додаткову базу даних для інших дослідників.

Література:

- [1] Altenbach H., Eremeyev V. Thin-walled structural elements: classification, classical and advanced theories, new applications// Altenbach H., Eremeyev V. (eds.) Shell-Like Structures. CISMInternational Centre for Mechanical Sciences. Cham: Springer, 2017. Vol.572.PP. 1–62.
- [2] Burlayenko V.N., Sadowski T., Altenbach H., Dimitrova S. Three-dimensional finite element modelling of free vibrations of functionally graded sandwich panels.// Altenbach H., Chróścielewski J., Eremeyev V.A., Wiśniewski, K. (eds.) Recent Developments in the Theory of Shells. Advanced Structured Materials. Cham: Springer, 2019. Vol. 110.PP. 157–177.
- [3] ABAQUS User's Manual. Ver. 2016. Dassault Systèmes Simulia Corp. Providence, RI, USA, 2016.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ГВИНТІВ НАКІСТКОВОГО ОСТЕОСИНТЕЗУ ТРУБЧАСТИХ КІСТОК ПРИ ДІЇ УДАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Бухлал Н.А.¹, Кривоносов В.Є.¹, Кудінова К.В.¹, Косуліна Н.Г.²,
Шайко-Шайковський О.Г.³

¹Азовський морський інститут Національного університету «ОМА»,
м. Маріуполь,

²Харківський національний технічний університет сільськогосподарства імені
Петра Василенка, м. Харків,

³Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці

Випадкові та ударні навантаження, в реабілітаційний період хворого, є однією з головних причин асептичного розхитування елементів фіксуючої конструкції (ФК). Ослаблення ФК, при накістковому остеосинтезі, спостерігається у 9,8% випадків, деформація накісткової пластини - у 4,8%, перелом фіксатора або кріпильних гвинтів у 3,5%.

Забезпечення жорсткості та нерухомості ФК (стабільність остеосинтезу) є запорукою успішного лікування перелому і залежить від правильного вибору розміру і способу кріплення ФК. Розрахунок ФК засновано на використанні законів опору матеріалів і теоретичної механіки, де в якості сил, що діють на ФК, прийняті вага тіла або вага окремих його частин. Величини випадкових навантажень перевищують значення розрахункових величин. Оцінка дії випадкових навантажень на з'єднання «кістка-гвинт» є актуальним завданням.

Переріз трубчастої кістки має складну форму і анізотропний по довжині і діаметру. Для спрощення оціночного розрахунку на зріз кріпильного гвинта при дії випадкового навантаження використана методика перетворення перерізів. На рис.1 показані етапи перетворення.

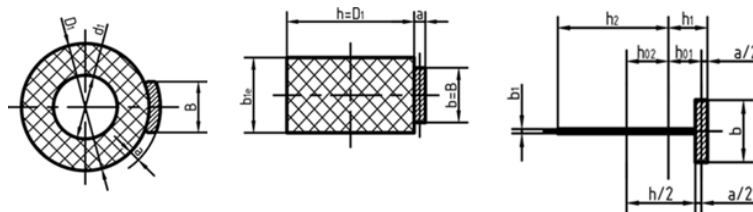


Рисунок 1 – Етапи перетворення розрахункової схеми

Середній тиск в стику (пластина-кістка) p_m визначено за умови відсутності поздовжнього зсуву пластини щодо кістки і розраховано за формулою, згідно $p_m \geq \frac{2k_N a}{f k_F l} \sigma_1$, і відповідно $\sigma_1 = \frac{M}{W_1}$.

Рівнодіюча сила P_y притиску накісткової пластини до кістки гвинтами кріплення дорівнює: $+P_y = p_m k_F B l$.

Діаметр гвинта за умови відсутності висмикування з отвору в кістковій тканині визначено за формулою: $d(n) \geq \frac{P_0(n)}{\pi k_l l_a [\tau_2]}$.

По результатам проведених досліджень встановлено, що величини випадкових навантажень є основною причиною ослаблення і поломки кріпильних гвинтів фіксуючої конструкції при накістковому остеосинтезі.

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

Власов М.Д., Мстельов В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одна з найважливіших частин студентського життя – це простота та доступність необхідних для навчання матеріалів. Що спонукає нас до спрощення більшості процесів та систем якими ми щоденно користуємося. Також в наш час є дуже важливою безпека та простий доступ до інформації для кожного користувача. Це особливо важливо в умовах карантину і не втрачає актуальності під час очного навчання студентів.

Найпростішим рішенням стає проектування та розробка електронного кабінету для студента який буде мати в собі як розклад занять, так і дані про оцінки або відвідування. Але все це буде мати мало сенсу якщо у сервісу електронного кабінету не буде можливості зручно працювати на смартфонах, що сильно прискорить розповсюдження та необхідність у даному сервісі.

Таким чином, актуальною являється задача мобільного додатку який зможе відповісти усім необхідним запитам студента щодо щоденного користування. Також система повинна забезпечувати приватність даних для всіх користувачів.

Основний функціонал системи:

- реєстрація та авторизація користувачів системи;
- розмежування доступу до функціоналу окремим типам користувачів;
- перегляд персональних даних користувача;
- перегляд розкладу занять та змін в ньому;
- доступ до навчальних матеріалів та робота з ними.

Для розробки системи були поставлені такі задачі:

- ознайомлення з існуючими системами додатків для студентів;
- аналіз існуючих систем для студентів;
- проектування необхідних умов для правильної роботи додатку;
- розробка адаптивного дизайну що буде легко споживатися;
- проектування та створення програми використовуючи обрані технології.

В результаті роботи було створено систему, яка виконує описаний функціонал та забезпечує безпеку даних всіх користувачів. Цей додаток дозволяє студенту переглядати поточний розклад, перевірити персональні дані, обрати необхідну йому дисципліну навчання або побачити поточні оцінки за семестр. Все це робить додаток необхідним для щоденного користування, аби завжди бути у потоці подій що відбуваються в навчальному закладі. Швидкість відображення інформації при використанні мобільного додатку значно вища, аніж перегляд цих даних через браузер користувача. Мобільний додаток електронного кабінету студента вирішує проблему швидкого та організованого доступу до поточних даних студентського життя.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

Гиршфельд А.М.

Акционерное Общество «У.П.Э.К.», г. Харьков

Буксовые подшипники являются одним из наиболее ответственных узлов подвижного состава. Их разрушение может привести к сходу вагона с рельс и аварии всего грузового или пассажирского состава. Поэтому расчеты и проектирование всех компонентов подшипников ведутся исходя из минимизации процессов износа, обеспечения максимальной временной и длительной прочности колец, тел качения и сепараторов. Несмотря на применение при проектировании новых конструкций подшипниковых узлов все более точных методов расчета и оптимизации, роль экспериментальных исследований при этом все равно остается решающей.

Следует иметь в виду, что требования безопасности на всех железных дорогах мира предполагают процедуры поэтапной сертификации подшипниковых узлов. Один из первых таких этапов включает стендовые испытания буксовых подшипников в соответствии с действующими в регионе стандартами на стендах, аккредитованных в соответствии с международной системой аккредитации.

Перед автором стояла задача разработки конструкции мехатроники, системы автоматического управления нагружением, а также системы автоматического сбора и анализа информации для стендов, которые в идеале должны отвечать как требованиям сертификации, так и требованиям проведения экспериментальных исследований, а значит стенды должны: - иметь полное соответствие всем существующим в мире стандартам и методикам испытаний буксовых подшипников; - моделировать нагружение, максимально приближенное к реальному нагружению ЖД подшипника (цилиндрического или конического) в буксе или под адаптером с учетом особенностей тележки; - иметь возможность моделирования индивидуальной программы динамического нагружения для проведения специфических исследовательских испытаний, отличающейся от ГОСТ, EN и AAR, в том числе, возможности моделирования динамического нагружения на конкретных отрезках пути; - иметь «открытую» систему программирования испытаний, анализа и архивирования информации для кастомизации стенда под потребности конкретного вида испытаний и специфических требований конечного клиента к нестандартному анализу данных.

В докладе излагаются результаты создания в Объединенном Инженерном R&D Центре Группы УПЭК уникальных «гибких» перенастраиваемых мехатронных стендов, совмещающих названные цели сертификационных и исследовательских испытаний с регистрацией температурных, деформационных, динамических параметров и гамма-процентной наработки буксовых подшипников до отказа. Стенды были аккредитованы НААУ и получили широкое международное признание. В разработке компонентов стендов принимали участие ведущие европейские компании. При этом три из пяти стендов были созданы с системой нагружения на новейших сервоприводах.

ЧИСЕЛЬНА СХЕМА ВИЗНАЧЕННЯ КАНОНІЧНОЇ СТРУКТУРИ МАТРИЦІ ЛІНІЙНОГО ОПЕРАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМУ ВІРТУАЛЬНИХ МАТРИЦЬ

Грищенко В. М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Моделювання в інженерних задачах значно спрощується при використанні матричної інтерпретації. Важливою є їх роль в рішенні технічних проблем, пов'язаних з коливаннями в енергетичних, транспортних машинах та інших.

$$m\ddot{x} + kx = f(x, t).$$

Рішення рівнянь високих порядків супроводжується значними труднощами: великими затратами часу, нестійкістю процесу, які можуть привести до руйнування обчислювального процесу. Тому до методу та алгоритму обчислень пред'являються жорсткі вимоги. В роботі запропонована схема перетворень в матричній алгебрі, в якій узгоджуються пріоритетні питання точності, стійкості роботи, економії оперативної пам'яті РС, кількості операцій та інші.

Реалізація алгоритму відбувається у формі побудови комбінацій лівих та правих циклічних перетворень, які генерують ланцюги, що складаються з елементарних неунітарних матриць. Для раціонального використання оперативної пам'яті РС та управління роботою введено механізм Virtual та Original матриць, коли в РС зберігається лише один масив. Суть алгоритму полягає в тому, що на базі Virtual матриці планується та реалізується процес приведення її до канонічного виду. Для контролю за обмеженнями величин проміжних обчислень здійснюються перестановки номерів рядків/стовбців у відповідних Pointer. Фізично ж значення зберігаються тільки в Original формі. Розглядається чисельний підхід перетворень матриць лінійних операторів з кратними коренями до простих форм - матриць подібних блочно-діагональним з блоками 1-го та 2-го порядків (побудови жорданового базису). Блокам 2-го порядку відповідають пари комплексно-спряжених власних значень.

Наведені приклади важливих для матричної алгебри задач зі структуруванням на корневій підпросторі.

$$K = \begin{bmatrix} 2 & -4 & -3 & -2803 & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & 2 & 4 & 154.2 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & 2 & -40.9 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & 2 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & 2 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & 3 & -4 & 16.8 & 9.9 & 39.23 & 148 & -50.5 & 275.4 & 41750 & 1943 & . \\ . & . & . & . & . & 4 & 3 & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & 3 & -4 & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & 4 & 3 & -8 & 2.9 & -4.13 & -17.38 & 5358 & 2336 & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & 3 & -4 & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & 4 & 3 & -5 & 17 & 195 & 788.5 & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & 3 & -4 & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & 4 & 3 & -114 & 92.9 & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & 3 & -4 & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & 4 & -3 & . & . \end{bmatrix}.$$

ПРОГРАМА ДЛЯ ПОШУКУ СПІВАВТОРІВ І ФОРМУВАННЯ НАУКОВИХ ГРУП НА ОСНОВІ БАЗИ ДАНИХ КОРИСТУВАЧІВ

Догадайло О.С., Метельов В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В ході роботи розроблена програма для пошуку співавторів і формування наукових груп на основі бази даних користувачів, крім того створено розділ для пошуку статей на сайті Scopus за встановленим списком авторів та виділенням авторів, кому потрібне цитування конкретної статті для підвищення індексу цитувань.

Вхідними даними є: інформація про користувачів, їх статті, монографії, гранти, патенти на інтелектуальну власність та авторські свідоцтва, запит користувача в полі пошуку у вигляді ключових слів.

Рис. 1. Приклад відображення даних, необхідних для введення

Результатом роботи є: заповнення бази даних інформацією, яка використовується для формування наукових груп, і формування наукових груп відповідно, крім того у розділі для пошуку статей на сайті Scopus відбувається відображення статей, які відповідають запиту користувача від більш підходящої до менш підходящої статті, що потребує цитування. Імена авторів, які мають h – індекс більший ніж кількість цитувань окремої статті, будуть підсвічені.

Рис. 2. Приклад виводу даних

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІБРАЦІЙ ПІДШИПНИКІВ НА ОСНОВІ ЄМНІСНИХ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

Задорожний І.В., Водка О.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Головне призначення сучасного діагностування є забезпечення безпеки за допомогою безперервного автоматичного контролю технічного стану об'єкта, своєчасному виявленні відхилень контрольованих параметрів від нормативних значень, ідентифікації та локалізації дефектів, своєчасній заміні деталей.

Наприклад, ознаками появи дефектів підшипників в процесі експлуатації є шуми і вібрації, тобто паразитні механічні коливання, викликані пошкодженням деталей підшипника - кілець, доріжок кочення, сепаратора або навіть тіл кочення.

Для аналізу вібро характеристик була розроблена експериментальна установка для запису вібрацій підшипників. Вона представлена на рис. 1. Показаний стенд використовується для проведення випробувань сталевих підшипників.

Вібрації вимірюються ємнісними акселерометрами моделі GY-61. Вони встановлені на корпусах стійок для підшипників. Акселерометри підключаються до 14 бітного аналогового цифровому перетворювач National Instruments USB 6009, який має пропускну здатність 24 кГц. Для перевірки підшипників потрібно прикладати додаткову силу, тому в установці використовуються збалансований вантаж. Результатами одного експерименту є записані дані з двох акселерометрів по трьом осям.

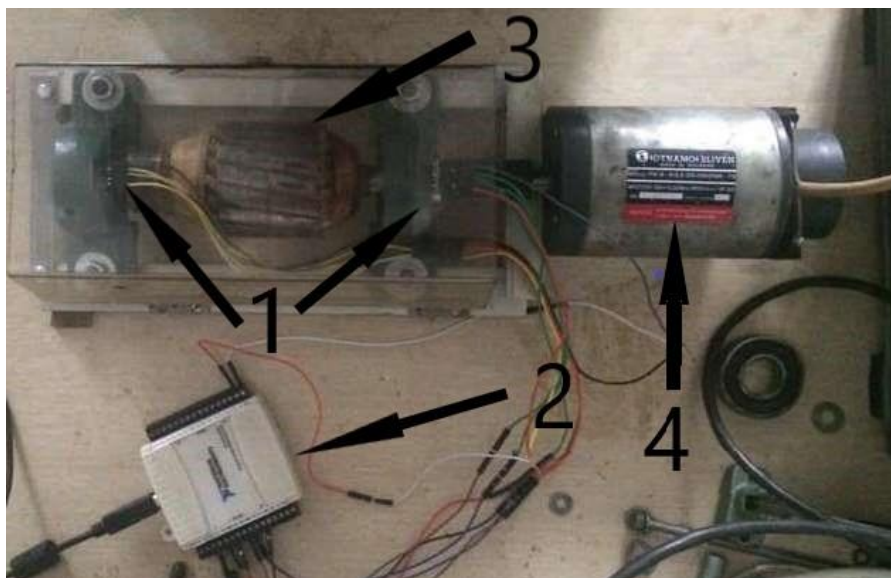


Рисунок 1 – Експериментальна установка для вібродіагностики підшипників (1.1 – Акселерометри GY-61, 1.2 – АЦП NI 6009, 1.3 – збалансований вантаж, 1.4 – Мотор DynamoSilvenPIK 8 – 6/2.5).

ТЕРМОДЕФОРМУВАННЯ ПРИСТРОЇВ-ГЕНЕРАТОРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Лавінський Д.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Високі енергії електромагнітного поля (ЕМП) спостерігаються за умов роботи обладнання під час різних технічних процесів та технологічних операцій. Слід відзначити серед іншого технологічні операції електромагнітної обробки матеріалів. У випадку магнітно-імпульсного штампування основним фактором навантаження обладнання є виникаючі електромагнітні сили, а також (при циклічному навантаженні) неоднорідні температурні поля, які виникають завдяки ефектам тепловиділення згідно до фундаментального закону Джоуля-Ленца при протіканні електричного струму.

Процеси тепловиділення можуть бути супроводжуваними (як при силовій магнітно-імпульсній обробці) так і основними (як у процесах магнітно-імпульсного нагрівання). Питання підвищення міцності пристроїв-генераторів електромагнітного поля потребують використання матеріалів (наприклад, немагнітна сталь), у яких тепловиділення при протіканні електричного струму є значно більшим у порівнянні із випадками використання традиційних матеріалів, наприклад, міді. У цьому випадку розрахункові дослідження розподілу температурного поля є обов'язковими із метою подальшого оцінювання термодформування.

Розрахункові дослідження можуть проводитись із застосуванням аналітичних підходів або чисельних методів. Спільним для обох видів досліджень є послідовне розв'язання задачі розподілу компонентів ЕМП та задачі теплопровідності, а потім аналізу деформування. Аналітичні дослідження потребують використання різного математичного апарату. Так для розв'язання рівнянь Максвелла, що дають можливість визначити просторово-часові розподіли кількісних характеристик електромагнітного поля, зручно застосовувати метод інтегральних перетворень Лапласа. Винайдені розподіли надають можливість розв'язувати рівняння теплопровідності.

Відзначимо, що аналітичний підхід потребує значних спрощень розрахункової моделі. Чисельні методи, серед яких найбільшу популярність має метод скінчених елементів, у значній мірі позбавлені цих недоліків та надають змоги розглядати розрахункові моделі практично стовідсотково наближені до реальних умов з точки зору конструктивних параметрів, експлуатаційних параметрів так і властивостей матеріалу.

Із застосуванням обох зазначених підходів розв'язано задачу про тепловиділення у плоскому багатовитковому індукторі із допоміжним екраном. Одержані просторово-часові розподіли основних характеристик ЕМП та, на цій основі, просторово-часові розподіли температурного поля. Проведені оцінки термодформування свідчать, що навантаженість індуктора збільшується.

РЕЗОНАНСНА ДИНАМІКА СИСТЕМИ З ОБМЕЖЕНОЮ ПОТУЖНІСТЮ, ЩО МАЄ МАЯТНИКОВИЙ ГАСИТЕЛЬ КОЛИВАНЬ

Лебеденко Я.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У роботі розглядається система з джерелом енергії обмеженої потужності [1], яка містить двигун, лінійну пружну підсистему, що здійснює коливання під дією цього двигуна та з ним взаємодіє, а також маятниковий гаситель коливань. Таку систему називають також неідеальною. Модель неідеальної системи, що розглядається, виглядає наступним чином:

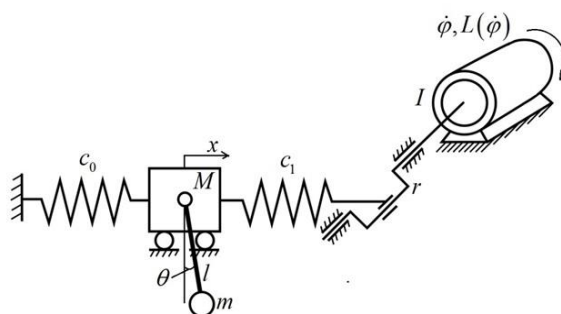


Рис.1. Модель неідеальної системи

Рівняння руху системи записуються у наступному вигляді:

$$\begin{cases} (M + m)\ddot{x} + (c_0 + c_1)x = c_1 r \sin \varphi - ml(\ddot{\theta} \cos \theta - \dot{\theta}^2 \sin \theta); \\ I\ddot{\varphi} = \varepsilon(a - b\dot{\varphi} + c_1 r(x - r \sin \varphi) \cos \varphi); \\ ml(l\ddot{\theta} + g \sin \theta + \ddot{x} \cos \theta) = 0, \end{cases}$$

де I – момент інерції обертальних мас, $(c_0 + c_1)$ – жорсткість коливальної системи, $L = a - b\dot{\varphi}$ – рушійний момент джерела енергії і момент сил опору обертання ротора.

При дослідженні даної системи використовується розкладання функцій у ряди Маклорена з утриманням членів до третьої степені включно. У подальшому аналізі системи використовується малий параметр ε , який характеризує малість амплітуд осциляційних складових та малість маси гасителя коливань.

Для побудови стаціонарних резонансних коливань системи використано метод багатьох масштабів. Ця процедура дає змогу отримати систему нелінійних алгебраїчних рівнянь відносно амплітуд змінних, яка розв'язується чисельними методами у програмі Matlab.

Наявність маятникового гасителя коливань при деяких значеннях параметрів сприяє зменшенню амплітуд коливань пружної підсистеми. При цьому коливання гасителя є значними.

Література:

1. Кононенко В. О. Колебательные системы с ограниченным возбуждением/ В.О. Кононенко. – М.: Наука, 1985.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА МІЦНОСТІ РОТОРА ЕЛЕКТРОДВИГУНА З РОБОЧИМ КОЛЕСОМ ТА ПІДШИПНИКАМИ КОЧЕННЯ

Мартиненко В.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі представлено комплексне дослідження надійності ротора вентилятора місцевого провітрювання шахти, що складається з ротора електродвигуна та робочого колеса та встановлений в підшипниках кочення. Дослідження включає оцінку статичної міцності конструкції вентилятора, визначення вібраційних характеристик, що забезпечують нерезонансні умови його роботи, а також розрахунки несучої здатності підшипників, що складає замкнутий цикл аналізу динаміки та міцності такого типу вентиляторів.

Конструктивні елементи робочого колеса і вала ротора виготовлені із сталевих сплавів з різними міцнісними властивостями. Алюмінієва виливка містить мідні обмотки ротора електроприводу. Цей склад суттєво сприяє збільшенню ваги ротора між його підшипниками. На додаток до сили тяжіння та відцентрових сил, ротор зазнає зовнішніх навантажень аеродинамічного та інерційного характеру. Максимальне значення еквівалентних напружень робочого колеса розміщується в місці зварного шва між передньою кромкою лопатки і маточиною та дорівнює 279 МПа. Порівняння цього значення з границею текучості матеріалу лопатки дає коефіцієнт безпеки 1.25. Для вала ротора максимальне значення напружень становить 63 МПа з коефіцієнтом безпеки 12.5. Обидва ці коефіцієнти є більшими за 1, що свідчить про статичну міцність робочого колеса та валу розглянутого ротора. Мінімальний рівень відстроювання власних частот ротора від кратностей збуджуючого навантаження спостерігається для першої власної частоти та другої кратності. Він дорівнює приблизно 27%, що є достатнім для цих типів машин. Аналіз форм власних коливань дає змогу зрозуміти їх природу та передбачити можливі вібраційну поведінку конструкції. Перша форма пов'язана з крутильними коливаннями, які можуть істотно впливати на динамічну міцність вала. Друга форма характеризується осьовими коливаннями робочого колеса, подібними до функціональності парасольки. Третя форма проявляється вигином робочого колеса на осі вала. Вищі форми відповідають коливанням лопаток з модальними діаметрами колеса, оскільки ротор вентилятора є циклічною конструкцією. Порівняння радіальних навантажень та еквівалентних динамічних навантажень на підшипники з мінімальними допустимими величинами свідчить про те, що обидві опори достатньо навантажені, а отже відсутній ефект проковзування тіл кочення. Термін служби підшипників передньої та задньої опор становить 10 та 73 роки відповідно, що є достатнім для передбаченого строку безперервного функціонування вентилятора.

Таким чином, представлений в роботі підхід охоплює проблеми недо- та перевантаження підшипників кочення і може використовуватись для оптимального вибору параметрів опор та проектних значень робочого колеса та вала, що є важливим для створення нових роторів і для модифікації існуючих.

ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНИХ СИЛ В АКТИВНИХ МАГНІТНИХ ПІДШИПНИКАХ РОТОРІВ ТУРБОМАШИН З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КІЛ

Мартиненко Г.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі представлено приклад практичного застосування раніше запропонованого аналітичного методу аналізу електромагнітних кіл активних магнітних підшипників (АМП) турбомашин для пошуку силових характеристик з урахуванням законів управління [1]. Він полягає у введенні детальних еквівалентних схем заміщення магнітних кіл і застосуванні методу контурних потоків. Ці схеми містять всі елементи АМП, такі як повітряні зазори під полюсами, ділянки манітопроводів статора і ротора, пази, заповнені мідними обмотками тощо. Магнітні опори ділянок кіл, що входять до виразу, визначаються за допомогою схематизації шляхів магнітних потоків [2]. Валідація способу, методики і засобів для розрахунків виконана для осьового АМП. Його вигляд і схеми представлені на рис. 1а,б. Цей підшипник входить до складу спроектованої і технічно реалізованої лабораторної установки ротора в повному комбінованому пасивно-активному магнітному підвісі (рис. 1в) [1].

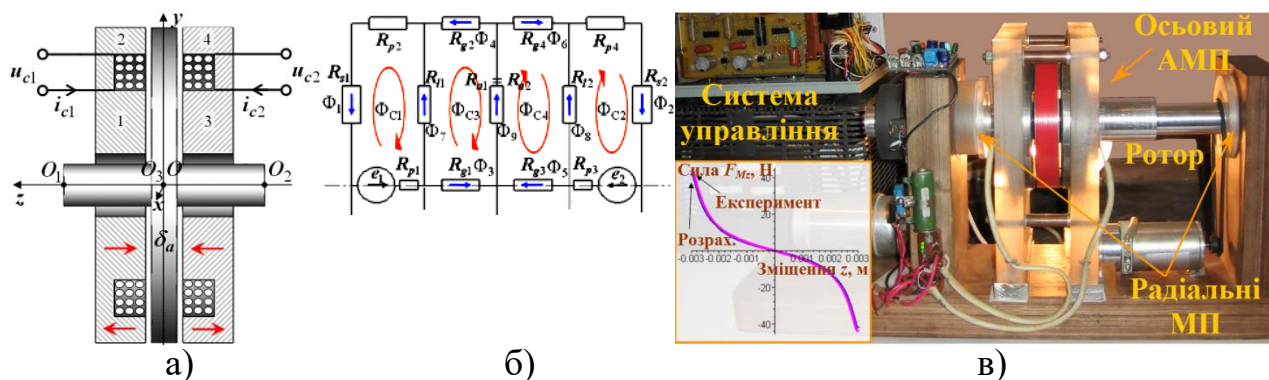


Рис. 1. Осьовий АМП: а) розрахункова схема; б) схема заміщення;
в) лабораторна установка і залежності магнітної сили від зміщень ротора

Проаналізовано результати варіантних розрахунків для різних параметрів системи управління осьового АМП. Порівняння цих результатів з експериментальними даними підтверджує точність і практичну застосовність підходу (див. 1в). Перевагою запропонованого аналітичного способу є висока точність при малій розмірності і ресурсовитратності. Це дає можливість оптимального проектування АМП з великою кількістю варійованих геометричних і фізичних параметрів, а також параметрів закону управління. Такий підхід дозволяє уникнути великої кількості натурних експериментів.

Література:

1. Martynenko G. Analytical Method of the Analysis of Electromagnetic Circuits of Active Magnetic Bearings for Searching Energy and Forces Taking into Account Control Law // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology. Pp. 86-91.
2. Martynenko G. Practical Application of the Analytical Method of Electromagnetic Circuit Analysis for Determining Magnetic Forces in Active Magnetic Bearings // 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice. Pp. 1-4, 9240774.

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ РОТОРА ТУРБОКОМПРЕСОРА ГПА З ВРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ АКТИВНИХ МАГНІТНИХ ПІДШИПНИКІВ

Мартиненко Г.Ю., Кучма М.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Активний магнітний підшипник є складним електротехнічним пристроєм, що складається з електромагнітів і системи автоматичного управління напругами в їх обмотках. Для вирішення завдань управління шляхом попереднього моделювання поведінки системи в цілому необхідна математична модель керованого електромагніту, що описує нелінійний характер генеруємих електромагнітних сил. Дані сили впливають на ротор електричної машини і забезпечують тим самим безконтактний електромагнітний підвіс, що дозволяє забезпечувати безперебійну роботу з високою швидкістю обертання.

У практичних цілях активні магнітні підшипники (АМП) знайшли застосування, в першу чергу, в якості підшипників для підвісу роторів високошвидкісних електричних машин, що працюють в умовах, які не допускають використання традиційних підшипників кочення або ковзання. Так, наприклад, газоперекачувальні агрегати (ГПА) газотранспортної системи, що обладнані електромагнітним підвісом ротора, не потребують щоденного обслуговування, можуть функціонувати при екстремально низьких температурах і в умовах підвищеного радіоактивного фону. Іншою областю застосування АМП є випробувальні стенди авіаційних двигунів. Оскільки швидкості, які повинні розвиватися стендом для перевірки характеристик двигунів, високі, то застосування традиційних підшипників є неефективним.

Моделювання АМП можливе з використанням спеціальних скінченних елементів, які враховують різні характеристики (жорсткість, демпфування, температура, опір тощо) залежно від аналізу, який необхідно застосувати.

В даній роботі наведено порівняння результатів статичних та динамічних розрахунків ротора турбокомпресора ГПА, проведених в двох програмних комплексах ANSYS Student та AxSTREAM Rotor Dynamics, з метою виявлення можливостей їх застосовності для даних типів розрахунків з урахуванням АМП.

Для розв'язання задачі були побудовані скінченноелементні моделі ротора. З їх використанням спочатку проведено статичний аналіз, який показав що побудовані моделі в двох програмних комплексах ідентичні. Далі розв'язано задачу про вимушені коливання ротора під дією відцентрових сил, що викликані незрівноваженістю. В результаті отримано частоти і форми власних коливань ротора та значення його критичних швидкостей, як на жорстких, так і на пружних опорах, які відповідають характеристикам магнітних підшипників.

Порівняльний аналіз виявив незначну розбіжність результатів, пов'язану з врахуванням геометричних особливостей моделей навісних елементів. Обидва комплекси дозволяють аналізувати роторну динаміку, але при цьому ANSYS є більш варіативним щодо моделювання окремих елементів, а AxSTREAM відрізняється повнотою відображення характеристик роторної динаміки.

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ РОТОРНИХ СИСТЕМ З МАГНІТНИМИ ПІДШИПНИКАМИ ЯК ОПОРАМИ

Мартиненко Г.Ю., Марусенко О.М.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Збільшення потреб у використанні роторних систем у сучасних машинобудівних виробках робить актуальним створення нових розрахункових моделей таких систем і методів їх дослідження. Це обумовлено необхідністю детального урахування особливостей елементів їх конструкцій та створення нових способів дослідження динамічної поведінки при різних навантаженнях.

Натепер запропоновано велику кількість розрахункових моделей та методів для дослідження динамічних властивостей роторних систем за допомогою сучасних розрахункових комплексів, які базуються на використанні методу скінченних елементів. Вони певною мірою враховують жорсткі та пружні властивості опори, допомагають здійснити модальний, гармонічний аналіз, дають можливість отримати амплітудно-частотні характеристики системи. Проте запропоновані моделі та підходи не визначають повної картини динамічної поведінки роторних систем, які використовують пасивні та активні магнітні підшипники як опори, оскільки вони є істотно нелінійними через особливості конструкції та матеріалу. При дослідженні таких роторних систем повинні враховуватись їх нелінійні силові характеристики, які виникають, зокрема, за рахунок зміни коефіцієнта демпфування магнітних підшипників, залежності від швидкості обертання ротора при розгоні, нелінійних властивостей матеріалу. Разом із тим, нелінійні характеристики сили та коефіцієнта демпфування магнітних підшипників можна змінювати за рахунок варіювання електричними параметрами електромагніту [1]. Тому побудова достовірної розрахункової моделі та розробка нових підходів до методу розрахунку роторної системи з урахуванням нелінійних властивостей є актуальною задачею.

У роботі побудована балочно-масова скінченно-елементна модель ротора, опорами якої є пасивні та активні магнітні підшипники. Вони моделюються поєднанням пружних і демпферних скінченних елементів із використанням модифікації методу накладених сіток [2]. Силові характеристики магнітних підшипників верифікуються результатами скінченноелементних розрахунків за експериментально підтвердженою методикою. За результатами модального та гармонічного лінійних аналізів та нелінійного аналізу перехідних процесів, що моделює періодичний відгук, розв'язується задача про вимушені коливання ротора. Результати розрахунків порівнюються з результатами, отриманими аналітично та експериментально.

Література:

1. Martynenko G. Resonance Mode Detuning in Rotor Systems Employing Active and Passive Magnetic Bearings with Controlled Stiffness. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering 2016, 13(2): 3293-3308.
2. Martynenko V.G. An Original Technique for Modeling of Anisotropic Viscoelasticity of Orthotropic Materials in Finite Element Codes Applied to the Mechanics of Plates and Shells. Mech Mech Eng 2017; 21(2): 389-413.

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ АНАЛІЗУ РОБОТИ SPARK ТА MAPRADUCE BIG DATA ТЕХНОЛОГІЙ

Михайловська Т.С., Татарінова О.А.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків***

Доповідь присвячено опису програмного засобу, що створений для аналізу і порівняння роботи Big Data технологій Spark та MapRaduce. Створений програмний комплекс проводить підрахунок слів у тексті за допомогою різних технологій. MapRaduce та Spark технології були використані за допомогою засобів платформи Hadoop для проведення розподіленого обчислення та порівняння результатів роботи цих технологій.

В даний час спостерігається значне зростання обсягів інформації, що надходить з різних джерел. Це можуть бути мобільні пристрої, програмні логи, інформація про проведені фінансові операції, активності користувачів соціальних мереж і багато іншого. Інформація представлена широким спектром типів даних, починаючи зі звичних баз даних з чіткою структурою, закінчуючи зображеннями і текстами на природній мові. Обсяг, накопиченої інформації, настільки великий, а типи даних настільки різноманітні, що їх обробка стандартними методами не представляється можливим, тому Big Data технологій сьогодні є досить затребуваними.

У даному програмному забезпеченні було створено два алгоритми розподіленого обчислення для підрахунку слів в тексті у зв'язку з тим, що Обчислення у MapReduce фреймворку завжди базуються на трьох операціях – map, shuffle та reduce, а для Spark не потрібно використовувати ці операції. Для створення MapReduce алгоритму було використано мову програмування Java, а для Spark алгоритму- Scala.

Для обчислення великих в роботі використано дистрибутив Apache Hadoop з набором програм, бібліотек та утиліт для розподіленого обчислення – Hortonworks Sandbox.

Аналіз тексту, який є вхідними даними, проведений за наступними атрибутами: обсяг, швидкість, структурованість та правдивість проведеного розрахунку. Під час тестування використано тексти різного об'єму та різної структурної складності. Отримані результати роботи двох алгоритмів та проведено порівняння.

GAS TURBINE ENGINES ROTORS DYNAMICAL STRESSES CAUSED BY THE TURBULENT GAS FLOW LOAD

Morhun S.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mikolaiv*

The task of the gas turbine rotor stress-strain state, caused by the turbulent gas flow load determining is given. It is also assumed that the considered system of solid bodies (impellers and a shaft) has the properties of cyclic symmetry. So it can be interpreted as a set of q subsystems (sections) with the same geometric, inertial and stiffness properties [1]. In this case, q determines the system's order of symmetry. So a section of the whole rotor generally includes a superposition of three impellers' sections and a shaft section.

The considered mechanical deformable system energy state could be described by Lagrange variation principle. Thus:

$$\begin{aligned} - \delta L &= 0 \\ L &= \Pi - T \end{aligned} \quad (1)$$

where L – Lagrange function; Π – potential energy of system's resistance to deformation; T – the kinetic energy of the system vibration.

After FEM approximation [2] the main equation of the mechanical system balance (1) is transformed to:

$$- [M] \left\{ \frac{d^2 \delta}{dt^2} \right\} + [C] \left\{ \frac{d \delta}{dt} \right\} + [K] \{\delta\} = \{p\} \quad (2)$$

where $[K]$ – global stiffness matrix of finite elements model; $[M]$ – global mass matrix of finite elements model; $[C]$ – global damper matrix of finite elements model $\{\delta\}$ – vector of finite elements nodes generalized displacement; $\{p\}$ – pressure caused by the gas flow.

The value of pressure field, caused by the influence of non-stationary gas-dynamic flow is calculated by methodology, given in [2]. Dependences between generalized displacement and deformation are given in [1]. Thus the field of the gas turbine engine rotor dynamic stresses can be found as follows:

$$- \sigma = [D] \cdot \{\varepsilon\} \quad (3)$$

where D – is the elasticity matrix; ε – deformation vector.

Література:

1. Morhun S. Gas turbine impellers forced vibration and stress-strain state investigation / S.A. Morhun // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. 2019. Вип.30. С. 195-203. <https://doi.org/10.15421/4219038>.
2. Morhun S. Numerical analysis of working processes in the blade channels of the highly loaded turbine of a marine gas turbine engine, using a refined finite element model / S.A. Morhun // Проблеми машинобудування. 2019. Т. 22, №3. С. 14-20. <https://doi.org/10.15407/pmach2019.03.014>.

КОРЕКЦІЯ АЛГОРИТМУ ОРІЄНТАЦІЇ КЕРОВАНОГО ОБ'ЄКТУ, ЩО ШВИДКО ОБЕРТАЄТЬСЯ

Некрасова М.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Основним джерелом похибок БІНС є похибки вимірів гіроскопів та акселерометрів. Сукупні похибки вимірів складаються з похибки масштабних коефіцієнтів та похибки неспіввідності. В умовах руху зі швидким обертанням ці похибки відіграють основну роль. Таким чином, для високодинамічного об'єкту алгоритм БІНС без додаткової корекції вектора стану не спроможний забезпечити високу точність визначення координат і швидкості. В основу нового метода поставлена задача вдосконалення способу корекції за надлишковою інформацією параметрів орієнтації об'єкту, що швидко обертається навколо поздовжньої осі. Така корекція проводиться шляхом додаткової високочастотної корекції кута крену на основі використання вимірювань вектору позірного прискорення. Для цього БІНС доповнюється спеціально розташованими акселерометрами, призначеними для обчислення кутової швидкості за акселерометричними вимірами, та блоком визначення екстремального значення і формування сигналу корекції. В цьому блоці за сигналами акселерометрів каналів курсу і тангажа, осі яких ортогональні до вздовжньої осі об'єкту, виділяється екстремальне значення й формується корегуючий сигнал, що використовується для перевизначення поточного значення кута крену (рис. 1).

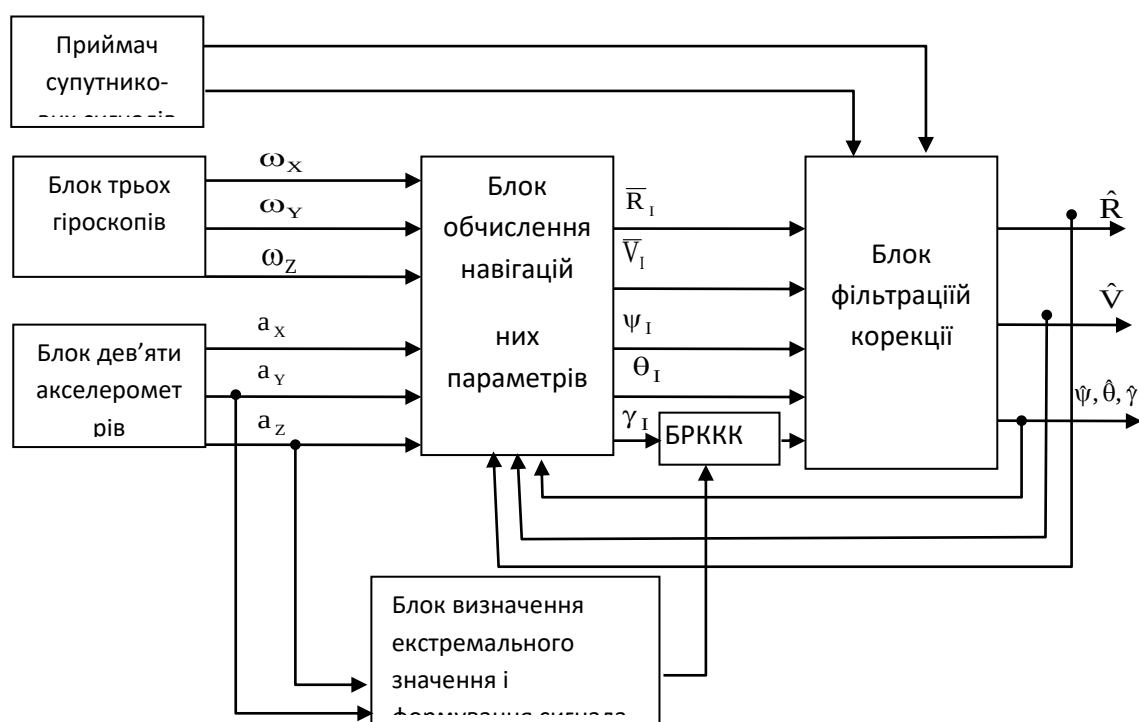


Рисунок 1 – Схема системи з додатковою корекцією кута крену

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ФОРМУЛ

Овсяніков В.В., Татарінова О.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Доповідь присвячено опису розробленого авторами програмного засобу для реалізації комп'ютерного зору, що застосовується для розпізнавання, як і окремо друкованих символів, так і цілих текстів, що можуть містити математичні формули та подальшого збереження результуючого документа у форматі Тех. Наразі існує велика кількість наукових документів, що не мають електронної копії в цілому, або ж не мають копії у загально прийнятому форматі написання наукових текстів. Оскільки мануальне переписування такої кількості файлів майже неможливе, або ж може бути досягнуте із застосуванням значної кількості людських ресурсів, розробка програмного засобу для автоматизації цієї задачі для підтримання бази наукових документів у відповідному вигляді стає надзвичайно важливим та актуальним завданням.

У даному програмному забезпеченні реалізовано можливість розпізнавання друкованих символів латиниці, кирилиці, літер грецького алфавіту та спеціальних математичних символів. Для цього застосовуються багат шарова згортальна нейронна мережа, побудована за допомогою бібліотеки машинного навчання Кєрас, та додаткові валідаційні євристики. Для підвищення якості розпізнавання нейронної мережі застосовано складний механізм преобробки зображень, що допомагає видалити з них шуми, виключити похибки, пов'язані з нахилом символів, коректувати дефекти символів, обумовлені якістю вхідного зображення. Також реалізовано механізми збирання окремих символів в слова або ж математичні формули, відтворення положення знаків індексів та ступенів, формування звичайних дробів та виразів під знаком кореня.

Для демонстрації можливостей розробленого програмного забезпечення додано графічний інтерфейс користувача, за допомогою якого можливо ще до початку розпізнавання обрати та оглянути вхідне зображення. Під час тестування програмного засобу було проведено розпізнавання зображень різних типів: повністю текстуальні, математичні формули без тексту, математичні формули, які знаходяться між блоками тексту. На даний момент алгоритм працює лише з зображеннями, збереженими у високій якості та планується вдосконалення алгоритму для розпізнавання зображень, збережених в низькій якості.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗГОНУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Осетров О.О., Чучуменко Б.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Важливим параметром, що характеризує динамічні властивості транспортного засобу, є його прийомистість, яка характеризується часом розгону автомобіля до 100 км/год. Від прийомистості залежать комфортність керування автомобілем, його комерційні якості, отже, покращення динамічних властивостей є одним з ключових завдань розробників транспортної техніки.

Проведення експериментальних досліджень впливу параметрів автомобіля на прийомистість ускладнюється великою трудомісткістю і вартістю проведення випробувань. Доцільним є розрахункове дослідження з використанням адекватних математичних моделей. Метою роботи була побудова математичної моделі і розрахункове дослідження динамічних властивостей автомобіля Daewoo Lanos в процесі його розгону.

Дослідження динамічних властивостей автомобіля проводилося за методикою Чудакова Е.А. і Яковлева Н.А.[1]. Математична модель передбачає визначення основних сил, що діють на автомобіль при його русі. Особливістю моделі є оригінальна методика визначення середнього значення динамічного фактора в розрахунковому інтервалі швидкості при перемиканні передач. Розрахунки виконувалися в програмному середовищі MATLAB.

Аналіз результатів розрахунків показав, що тягове зусилля витрачається переважно на подолання сили інерції, яка на початку руху автомобіля перевищує сили опору дороги і повітря більше, ніж в 50 разів. При зростанні швидкості автомобіля сила інерції зменшується і на швидкості 100 км/год лише в два рази перевищує інші складові навантаження. Сила опору повітря зростає пропорційно квадрату швидкості автомобіля і при швидкості 100 км/год вносить суттєвий внесок у загальний опір руху. Ця сила обмежує максимально можливу для даного автомобіля швидкість. Сила дорожнього опору практично не змінюється при розгоні автомобіля і складає незначну частку в загальному опорі руху. Швидкість 100 км/год досягається за 16,7 с, що відповідає паспортним даним автомобіля Daewoo Lanos і свідчить про адекватність розрахункової методики.

Таким чином, розроблена математична модель дозволяє досліджувати показники двигуна і автомобіля в процесі розгону, визначати вплив на ці показники конструктивних і регулювальних параметрів двигуна і автомобіля, виконувати оптимізаційні дослідження.

Література:

1. Стуканов В.А. Основи теории автомобильных двигателей и автомобиля. Учебное пособие. – М: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 368 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОЇ ТОЧНОСТІ МОДИФІКАЦІЇ АЛГОРИТМА МІЛЛЕРА НА ЧОТИРЬОХЧАСТОТНІЙ ЕТАЛОННІЙ МОДЕЛІ

Плаксі́й Ю.А., Гомозкова І.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Задача вибору алгоритма орієнтації в специфічних умовах безплатформеного управління рухомими об'єктами є актуальною. Такий вибір повинен задовольняти декільком критеріям, насамперед враховувати діапазон значень квазікоординат, що надходять в обчислювач з вимірювачів кутової швидкості, а також забезпечувати виконання основної технічної задачі, яка стоїть перед рухомим об'єктом. Відомо, що фактичний порядок точності алгоритма в умовах реального руху конкретного об'єкта може відрізнятися від математичного. Наприклад алгоритм четвертого математичного порядку на практиці в умовах реалізації в автономному обчислювачі може забезпечувати тільки третій порядок точності визначення кінематичних параметрів. Прийнятним алгоритмом орієнтації в цих умовах можна вважати такий алгоритм, математичний порядок якого співпадає з його фактичним порядком.

Визначення фактичного порядку алгоритма орієнтації відбувається на етапі проектування системи безплатформеної орієнтації на основі практичних оцінок із застосуванням еталонних моделей. В якості еталонної моделі обертального руху розглядається чотирьохчастотна модель, в якій перші три повороти твердого тіла здійснюються в послідовності кутів Крилова φ , ψ і ϑ , а четвертий поворот відбувається навколо другої поверненої осі на кут χ . Компоненти модельного кватерніона при цьому мають вигляд:

$$\begin{aligned}\lambda_0 &= \tilde{n} \cos \frac{\chi}{2} \cdot (\cos \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2} + \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2}) - \sin \frac{\chi}{2} \cdot (\cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2} + \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2}); \\ \lambda_1 &= \tilde{n} \cos \frac{\chi}{2} \cdot (\cos \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2} - \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2}) - \sin \frac{\chi}{2} \cdot (\sin \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2} - \cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2}); \\ \lambda_2 &= \tilde{n} \cos \frac{\chi}{2} \cdot (\cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2} + \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2}) + \sin \frac{\chi}{2} \cdot (\cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2} + \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2}); \\ \lambda_3 &= \tilde{n} \cos \frac{\chi}{2} \cdot (\sin \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2} - \cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2}) + \sin \frac{\chi}{2} \cdot (\cos \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\psi}{2} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2} - \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2}).\end{aligned}$$

Розглядається випадок, коли кути φ , ψ , ϑ і χ змінюються у часі лінійно і $\chi = -\psi$. Проведено тестування модифікації алгоритма Міллера [1] четвертого математичного порядку на запропонованій еталонній моделі, коли рух при належному завданні частот можна інтерпретувати, як вібраційний. Отримані результати визначення фактичного порядку модифікації алгоритма Міллера і умови, коли забезпечується рівність математичного і фактичного порядків точності.

Література:

1. Плаксі́й Ю.А., Гомозкова І.О. Аналіз точності алгоритма орієнтації Р. Міллера на чотирьохчастотній еталонній моделі обертання твердого тіла // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2019. – №22 (1347). – С.82–88.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА РІВНЯ ДОПУСТИМИХ АМПЛІТУД ЗОВНІШНЬОГО ВПЛИВУ НА БЕЗПЛАТФОРМЕНІ ІНЕРЦІЙНІ НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Погорілов С.Ю., Хавін В.Л.

*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут",
м. Харків*

У сучасній авіаційно-космічній техніці широко застосовуються безплатформенні інерціальні навігаційні системи (БІНС), що використовують волоконно-оптичні (ВОГ) або кільцеві лазерні гіроскопи (КЛГ). Під час експлуатації таких систем відбувається поворот осей чутливості щодо базової системи координат. Утворені кути між осями базової системи координат і осями чутливості навігаційної системи (неортогональності) є одним з факторів, що призводять до збільшення похибок вимірювань приладу, що позначається на точності вимірювань.

В процесі експлуатації на систему впливають вібрації різної природи, вплив яких здатний сприяти появі неортогональності. Метою цієї роботи є визначення максимально допустимих амплітуд вібрацій, що впливають на корпус БІНС, за допустимими величинами відхилення осей чутливості ВОГ для двох варіантів компонування БІНС. Розглянуто підхід до визначення допустимих амплітуд зовнішнього гармонійного впливу на блок безплатформенної інерціальної навігаційної системи на основі волоконно-оптичних або кільцевих лазерних гіроскопів.

Розроблено розрахункову схему, математичну і скінченоелементну моделі для розрахунку власних частот і вимушених коливань блоку безплатформенної інерціальної навігаційної системи. У різних частотних діапазонах чисельними розрахунками визначені граничні значення амплітуд зовнішнього гармонійного впливу на основу конкретних конфігурацій збірки БІНС. Встановлено, що небезпечний стан має місце в районі 1-й власної частоти системи, а також і поблизу більш високих частот.

Зіставлення результатів за варіантами конструкції 1 і 2 дозволяє зробити висновок, що для ослаблення впливу вібрацій на точність роботи блоку БІНС доцільно, щоб нижчі власні частоти коливань для збірки БІНС були максимально високими (більше 1000 Гц).

ОПТИМІЗАЦІЯ РАМИ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ЛІРА-9М В ДВОХ КОНФІГУРАЦІЯХ ДЛЯ ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ

Сімсон Е.А., Панов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

При оптимальному проектуванні елементів конструкцій, особливо при застосуванні підходів і комерційних програм топологічної оптимізації існує досить загальна і невирішена проблема оптимізації форми при наявності декількох видів навантаження. Перед оптимізацією складна конструкція ґрунтообробного агрегату попередньо фрагментується з виділенням основних несучих елементів. На жаль, незважаючи на симетрію конструкції (існує як мінімум одна площина симетрії), цим не вдається скористатися для зменшення розмірності в силу асиметрії просторових розподілів навантажень: власне обробка ґрунту, розворот агрегату, процес складання / розкладання агрегату в транспортне положення, транспортування та ін., більш того, при обробці ґрунту і транспортуванні навантаження носять стохастичний характер. Відповідно, топологічну оптимізацію необхідно вести з оглядкою на "гірші" варіанти навантаження. Строго кажучи, повне рішення поставленого завдання передбачає оптимізацію за критерієм зниження матеріаломісткості з обмеженнями по тимчасовій міцності на кожен варіант навантаження і тривалої міцності (з урахуванням деякої теорії накопичення пошкоджень).

У доповіді (на прикладі ґрунтообробного агрегату Ліра-9М, виробництва «LozovaMachinery» (Група УПЕК) розглядається МКЕ-аналіз НДС ґрунтообробного агрегату у різних конфігураціях навантаження та практичні пропозиції щодо вагової оптимізації основних несучих фрагментів конструкції рами ґрунтообробного агрегату, отримані в результаті застосування евристичного алгоритму топологічної оптимізації.

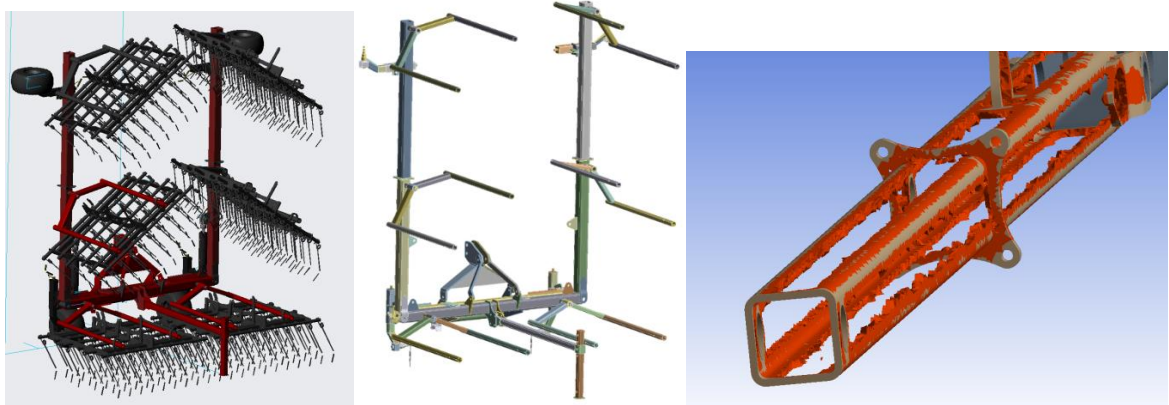


Рисунок 1. Конструкція ґрунтообробного агрегату Ліра-9М, розрахункова модель несучої рами та проміжні результати вагової оптимізації

Якщо в традиційному алгоритмі топологічної оптимізації відкидаються «недовантажені» (з урахуванням встановленого на кожному кроці проміжної кордону інтенсивності напружень) елементи, то у варіанті, що застосований, відкидаються тільки елементи «недовантажені» з точки зору кожного з видів навантаження. Попередні результати свідчать про можливість заміни в якості несучих елементів балок L-образного рівностороннього профілю, скріплених системою підсилювачів, замість застосування труб прямокутного перетину.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМ КОЛИВАНЬ НЕЛІНІЙНОЇ ЕЛЕКТРО– МАГНІТНО–МЕХАНІЧНОЇ МАЯТНИКОВОЇ СИСТЕМИ

Сурганова Ю.Е., Міхлін Ю.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Актуальність роботи пов'язана з дослідженням локалізації коливань, які можуть призвести до руйнування машин чи апаратів, і одночасно можуть бути корисними в задачах віброгасіння небезпечних коливань з великою амплітудою.

В роботі проведено дослідження маятникової системи з двома ступенями вільності під впливом магнітних сил. Така система складається з двох маятників, нижні сторони яких оснащені неодимовими магнітами. Під маятниками розташовані електричні котушки, що живляться змінним струмом. Змінне магнітне поле є причиною складної нелінійної динаміки досліджуваної системи.

Представлено фізичну та математичну модель системи, де враховано електромагнітну взаємодію між магнітом та котушкою, що залежить від токового сигналу і розташування маятника. Дослідження системи проводилося з використанням асимптотичних методів і шляхом створення оригінальних численних процедур як для зв'язаних, так і локалізованих форм коливань. Побудовано та проаналізовано фазові портрети і траєкторії форм коливань в конфігураційному просторі системи. Отримано умови локалізації форм коливань системи. Досліджено стійкість форм коливань.

Представлена система і математична модель можуть бути джерелом для нових підходів до моделювання складних магнітомеханічних систем, зокрема, електричних двигунів.

Література:

1. A. Wijata, K. Polczyński, J. Awrejcewicz, «Experimental and numerical studies of a non-linear damped pendulum in an alternating magnetic field», Abstracts of the International Conference on Structural Engineering Dynamics (ICEDyn 2019), Viana do Castelo, Portugal, June 24–26, 2019, 26.
2. Polczynski, K., Wijata, A., Awrejcewicz, J., “Numerical and experimental study of dynamics of two pendulums under a magnetic field”, Journal of Systems and Control Engineering, 2019, pp. 441–453.
3. Konstantin Avramov, Yuri Mikhlin. Review of Applications of Nonlinear Normal Modes for Vibrating Mechanical Systems. Applied Mechanics Reviews, American Society of Mechanical Engineers, 2013, 10.1115/1.4023533. hal-01335488f

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КРИВИЗНИ ПОЛОГОГО СКЛОПАКЕТУ НА СПЕКТР ЙОГО ВЛАСНИХ ЧАСТОТ ТА ФОРМИ КОЛИВАНЬ

Суханова О. І., Ларін О. О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Ламіновані скляні панелі є складними композитними елементами конструкцій, які широко використовуються в інноваційній техніці сучасного машинобудування, авіаційній промисловості, суднобудуванні, енергетиці, комерційних будівлях, архітектурі, дизайні тощо. При цьому, вони часто мають складну геометрію, тривимірну криволінійність. Забезпечення експлуатаційних властивостей та надійності даних елементів є важливими прикладними задачами, що визначаються особливостями їхньої механічної поведінки. Складність математичних формулювань, які описують основні особливості та ефекти, що супроводжують роботу скляних багатошарових компонентів призводить до необхідності застосування засобів обчислювального моделювання.

Дана робота присвячена вивченню динамічної поведінки багатошарового скла з різною кривизною на основі тривимірного комп'ютерного моделювання. Це важливе практичне завдання, результатами якого є рекомендації щодо внутрішньої структури, технічні вказівки щодо режимів роботи, меж використання тощо. На рисунку 1 приведена модель криволінійного багатошарового ламінованого скла із скінчено-елементною сіткою.

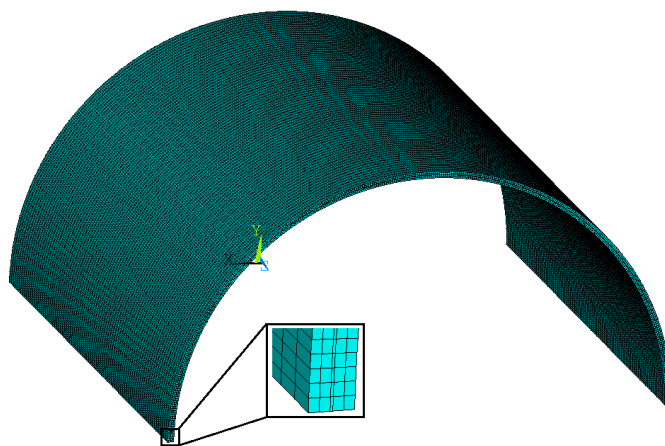


Рисунок 1 – Модель криволінійного ламінованого скла із СЕ сіткою

Поведінка зразків ламінованого скла з PVB прошарком моделювалася в рамках методу скінченних елементів (МСЕ) у тривимірній постановці в межах сучасних підходів. Було проведено модальний аналіз для визначення закономірності впливу параметра кривизни на частоти та форми композитів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНО НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАНЬ ШАРУВАТИХ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК СКЛАДНОЇ ФОРМИ, ЯКІ МАЮТЬ ШАРИ РІЗНОЇ ТОВЩИНИ

Тимченко Г.М., Кириллова Н.О., Одинцова О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Застосування багатошарових оболонок, які виготовлені з композитних матеріалів, зумовлено тим, що подібні елементи є достатньо міцними та при цьому мають відносно малу масу, що відповідає вимогам будівництва та промисловості. Звичайно, що розрахунки на міцність таких елементів складають головну проблему при проектуванні сучасних конструкцій.

У даній роботі запропонований чисельно-аналітичний метод дослідження геометрично нелінійних власних коливань тонкостінних елементів конструкцій, які можуть моделюватися багатошаровими пологими оболонками зі складною формою в плані. Академіком НАН України В.Л. Рвачовим було запропоновано теорію R- функцій [1], застосування якої для вирішення задач математичної фізики та механіки у разі складних областей, виявилось досить ефективним. Розглянутий метод базується на спільному використанні теорії R-функцій [1], варіаційних методів та процедури Бубнова-Гальборкіна. Це дозволяє звести нелінійну систему рівнянь руху до задачі Коші. Математична постановка задачі виконана в рамках уточненої теорії першого порядку, що дає можливість враховувати зсувні деформації. Для отримання чисельних результатів створено відповідне програмне забезпечення. Розв'язано нові задачі лінійних і нелінійних коливань багатошарових пологих оболонок з вирізами та отворами. Для підтвердження надійності отриманих результатів проведено їх порівняння з відомими в літературі. Досліджено ефект граничних умов на вирізах і зовнішньому контуру.

Література:

1. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения / В.Л. Рвачев— К.: Наукова думка, 1982. – 552 с.
2. Kurpa Lidiya, Timchenko Galina, Osetrov Andrey, Shmatko Tetyana. Nonlinear vibration analysis of laminated shallow shells with clamped cutouts by the R-functions method // Journal of Nonlinear Dynamics 2018, Vol. 93 (1), pp 133–147
3. Курпа Л.В. Нелинейные свободные колебания многослойных пологих оболочек и пластин с вырезами и различными граничными условиями / Л.В. Курпа, Г.Н. Тимченко, А.А. Осетров // [Вісник НТУ "ХПІ". Серія : Математичне моделювання в техніці та технологіях](#). - 2018. - № 3. - С. 52-59.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИКА PLA ДЛЯ 3D ДРУКУ

Тишковець О.В., Потопальська К.Є., Бельорін-Еррера О.М.,

Приходько Н.П.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі досліджена міцність при розтягуванні серії 10 зразків у вигляді двосторонньої лопатки, які були надруковані на 3D принтері з наступними характеристиками друку: заповнення - 100%, температура екструдера – 200 °С, температура столу – 60 °С, товщина шару – 0.2 мм, швидкість – 50 мм/с.

Випробування на розтяг проводяться згідно з ISO 527-2: 2012 Plastics - Determination of tensile properties - Part 2: Test conditions for molding and extrusion plastics. При цьому зазвичай визначаються наступні параметри:

1) руйнівне напруження σ_p і границя текучості σ_t , які обчислюють як відношення відповідних зусиль до початкової площі перетину F_0 зразка;

2) відносне видовження при розриві ε_p і відносне видовження, яке відповідає границі текучості ε_t у відсотках, визначаються, як відношення відповідних абсолютних деформацій до початкової довжини l_0 робочої частини зразка.

Навантаження, яке визначає границю текучості, вимірюють в перший момент зростання деформації, що відбувається без помітного збільшення навантаження.

Для випробувань застосовувалися плоскі зразки із загальною довжиною 150 мм, шириною робочої частини 6 мм, довжиною робочої частини 35 мм і товщиною зразка 2 мм.

Випробування проводилися на випробувальній машині FP 100/1. Швидкість переміщення рухомого захвату становила 50-60 мм/хв. Випробування проводилися при температурі 20-22° С. У процесі розтягування зразка самописний діаграмний пристрій записував діаграму в координатах «навантаження-видовження» в масштабі для деформації 10:1 із шкалою навантажень 0- 2000 Н. Одночасно з цим для характерних точок відлічувалися величини навантажень (по циферблату силовимірювача) і відповідних деформацій. На основі отриманих даних обчислені механічні характеристики.

В результаті серії з 10 випробувань, отримані ідентичні криві. Руйнування зразків поперечне (в робочій зоні зверху) відбувалося при значенні навантаження 730 Н. Характер кривої деформування дозволяє визначити середнє значення максимального напруження $\sigma_{\max} \approx 60.8 \pm 2.1$ МПа, відносне видовження при розриві $\varepsilon \approx 5.7\%$.

Література:

1. V. Harshitha, S.S. Rao, Design and analysis of ISO standard bolt and nut in FDM 3D printer using PLA and ABS materials, in: Mater. Today Proc., Elsevier Ltd, 2019: pp. 583–588.
2. V. Velmurugan, G. Masthanvali, S. Thanikaikarasan, Experimental analysis of polymers specimens produce from 3D Prototype Printing- an investigation, in: Mater. Today Proc., Elsevier Ltd, 2020: pp. 4156–4158.

РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ НЕЧІТКОГО КЕРУВАННЯ ПЕРЕОРІЄНТАЦІЄЮ КОСМІЧНОГО АПАРАТУ

Успенський В.Б., Зязін М.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Розглядається задача переорієнтації космічного літального апарату (КЛА) за вимірами датчиків кутової швидкості (ДКШ). Останні використовуються як для оцінки власної швидкості, так і для обчислення орієнтації КЛА у просторі. Існуючі алгоритми керування, що побудовані на традиційних формулах (так звані ПД та ППД регулятори), є досить ефективними в штатних умовах функціонування. Але їх ефективність падає, якщо ДКШ за якимось причинами втрачають притаманну їм початкову точність. Ці умови відповідають зростанню невизначеності стосовно вектору стану КЛА, що мотивує використовувати в цьому випадку елементи нечіткої стратегії.

У доповіді надається актуальна постановка задачі переорієнтації пружного КЛА, проводиться спрощення та декомпозиція його моделі, для якої розроблено алгоритм нечіткого керування за неточною інформацією стосовно кутової швидкості та куту орієнтації. Розроблений алгоритм аналізується за двома введеними критеріями: швидкості та енергетичних витрат на керування. Пошук оптимального розв'язку здійснюється з використанням узагальненого критерію шляхом варіювання бази правил нечіткого виводу та функцій належності нечітких змінних. Визначення критеріїв здійснюється за допомогою чисельного моделювання процесу переорієнтації на широкому колі початкових умов. У якості ознаки закінчення процесу переорієнтації використовується досягання потрібної точності виконання крайових умов.

Загальна характеристика розробленого алгоритму нечіткого керування наступна: використовуються дві вхідні змінні – кутова швидкість та кутова орієнтація, які мають по 6 термів. Вихідна змінна – керуючий динамічний момент, також з 6 термами. База правил налічує 36 висловлювань, які описують усі можливі комбінації вхідних термів, поєднаних за допомогою логічних операцій “І” та “АБО”. Процедура нечіткого виводу відповідає стратегії Мамдані.

Моделювання розробленого алгоритму демонструє покращення точності функціонування системи орієнтації КЛА у нештатних умовах у порівнянні із традиційними законами керування. У подальшому передбачається адаптація алгоритмів до більш реалістичних умов використання, зокрема у частині моделювання різних відмов ДКШ.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ РЕАЛЬНОСТІ ТА ПРИНЦИП КЮРІ

Федоров В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Застосування принципу Кюрі [1]

«коли певні причини викликають певні наслідки, елементи симетрії причини мають бути знайдені в здійсненому наслідку»

і його окремого випадку, принципу Неймана-Міннігероде [2], дозволяє передбачити симетрію розв'язання прикладних задач, тобто, зменшити розмірність або область визначення і, відповідно, істотно зменшити трудомісткість їх вирішення.

Однак, на жаль, принцип Кюрі не є загальновизнаним у науковому співтоваристві. Аргументи на користь принципу Кюрі наводяться в роботах [3-5]. У той же час висловлюється сумнів або заперечується його справедливості [6-8]. Таким чином, одних дослідників не переконують доведення, а інших не переконують спростування. Причиною цього є відсутність математично строгого доведення принципу Кюрі. Основна перешкода цьому, як нам представляється, - неформалізованість основних понять цього принципу: «причина» і «наслідок». Оскільки ці категорії є елементами більш загальної категорії «реальність», то стає зрозумілим, чому принцип Кюрі був, в основному, об'єктом вивчення філософської науки.

У доповіді дається формалізація цих філософських категорій, що дозволяє сформулювати математичні моделі реальності та її каузальності (причинно-наслідкового зв'язку). На основі цих моделей доводиться, що будь-який автоморфізм причини є також автоморфізмом сліdstва. Оскільки перетворення симетрії є окремими випадками автоморфізмів, то принцип Кюрі впливає з цієї теореми як окремий випадок.

Література:

1. Curie P. Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, Symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique. *Journal de Physique*. 1894. Vol. 3, No 1. P. 393–415.
2. Minnigerode B. Untersuchungen über die Symmetrieverhältnisse und die Elastizität der Kristalle. *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math-phys./KlasseIIa*. 1884. Vol. 184. P. 195-226.
3. Rosen J. Symmetry rules. Berlin: Springer-Verlag, 2008.304p.
4. Chalmers A. F. Curie's Principle. *British Journal for the Philosophy of Science*. 1970. Vol. 21, Iss. 2. P. 133–148.
5. Ismael J. Curie's Principle. *Synthese*. 1997. Vol. 110. P. 167-190.
6. Norton J. D. Curie's Truism. *Philosophy of Science*. 2014. Vol. 83. No. 5. P. 1014-1026.
7. Roberts B. W. Curie's Hazard: From Electromagnetism to Symmetry Violation. *Erkenntnis*. 2015. Vol. 81. No. 5. P. 1011-1029.
8. Roberts B. W. The Simple Failure of Curie's Principle. *Philosophy of Science*. 2013. Vol. 80. No. 4. P. 579-592.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ, ПО ЯКИХ ТРАНСПОРТУЮТЬСЯ ГАЗОРІДИННІ СУМІШІ З АГРЕСИВНИМИ КОМПОНЕНТАМИ

Фешанич Л.І., Олійник А.П.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ*

Визначення параметрів напружено-деформованого стану досліджуваних об'єктів за відомою інформацією про зміну їх просторової конфігурації – як правило, такою інформацією є дані про переміщення точок поверхні досліджуваного тіла, на основі якої вдається побудувати математичне подання [1] радіус-вектор будь-якої точки цього тіла в початковий та контрольний моменти часу. Параметри тіла в початковий момент часу визначається з проектної документації, а в контрольний – експериментальними методами. Для об'єктів, що мають циліндричну форму (трубопроводи різного призначення, свердловини з газорідинними потоками тощо), вказане подання може бути записане у вигляді:

$$\vec{r}(s, \varphi, r, t) = \vec{r}_l(s, \varphi, r, t) + \rho(s, \varphi, r, t)(\cos \omega(s, \varphi, r, t)\vec{b}_l + \sin \omega(s, \varphi, r, t)\vec{n}_l) + \psi(s, \varphi, r, t)\vec{\tau}_l - \frac{D}{2}\vec{n}_l \quad (1)$$

де s, φ, r, t – пов'язані з криволінійним циліндричним тілом координати відповідно вздовж осі тіла $0 < s < L$, по полярному куту $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ **Ошибка! Ожидалась цифра.** та по радіусу об'єкта $R_{vnut} < r < R_{zovn}$, L – довжина досліджуваного об'єкта; $\vec{r}_l, \vec{r}_l$ – радіус вектор точки на твірній об'єкта; D – його діаметр; $\rho(s, \varphi, r, t); \omega(s, \varphi, r, t); \psi(s, \varphi, r, t) \psi(s, \varphi, v, t)$ – функції, що характеризують переміщення точок досліджуваного тіла відповідно в радіальному, полярному та повздовжньому напрямках, $\vec{\tau}_l, \vec{b}_l, \vec{n}_l; \vec{\tau}_l, \vec{b}_l, \vec{n}_l$ – вектори дотичної, бінормалі та нормалі до твірної об'єкта. Задання функцій $\rho(s, \varphi, r, t); \omega(s, \varphi, r, t)$ та $\psi(s, \varphi, r, t) \rho(s, \varphi, v, t); \omega(s, \varphi, v, t)$ на основі даних про переміщення точок поверхні дозволяє в контрольний момент часу провести розрахунки компонент тензорів деформацій ε_{ij} [1]:

$$\varepsilon_{ij}(s, \varphi, r, t_k) = \frac{1}{2}(g_{ij}(s, \varphi, r, t_k) - g_{ij}(s, \varphi, r, t_0)), \quad (2)$$

де t_k, t_0 – відповідно контрольний та початковий моменти часу, g_{ij} – компоненти матричного тензора, побудовані за (1) [5].

Особливістю даної методики є те, що висновок про напружено-деформований стан об'єкта робиться на основі певних інтегральних показників – переміщень точок поверхні тіла без деталізації причин виникнення цих переміщень.

Література:

1. Олійник А.П. Математичні моделі процесу квазістаціонарного деформування трубопроводів та промислових систем при зміні їх просторової конфігурації: Наукове видання. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. 320с.
2. Победра Б. Е. Лекции по тензорному анализу. М. : Из-во Московского университета, 1986. 264 с.

РОЗРАХУНКИ НА ЖОРСТКІСТЬ БАГАТО ОПОРНОГО ШПІНДЕЛЬНОГО ВАЛА НА НЕЛІНЕЙНО-ПРУЖНИХ ОПОРАХ

Хавін В.Л., Киркач О.Б., Киркач Б.М.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Якість механічної обробки напряму зв'язана з жорсткістю шпіндельного валу верстату. Тому статичний аналіз переміщень консольної частини шпинделя, де розташовується ріжучий інструмент, є необхідним процесом при проектуванні високоточного верстатного обладнання. .

Для обчислення переміщень та кутів повороту шпіндельного валу використовується розроблена математична модель [1], що базується на диференціальному рівнянні зігнутої вісі балки моделі Тимошенко з врахуванням нелінійної деформації підшипників в залежності від діючих на них зовнішніх зусиль. Кожен підшипник вважався однією, або декількома точковими пружними опорами з розподіленими по його базі жорсткостями C_n та відповідними реакціями R_n . Розрахунковою схемою шпіндельного валу була балка, яка спиралась на n пружних опор та навантажувалася зусиллями різання.

Для врахування не лінійності деформацій підшипників при рішенні диференціального рівняння зігнутої вісі балки застосовувались: метод послідовних ітерацій (МПІ) та метод послідовного навантаження (МПН), з використанням як дотичної $C_n(R_n) = dR_n / d\delta_r$, так і січної $C_n(R_n) = R_n / \delta_r$ жорсткостей (тут δ_r - переміщення внутрішнього кільця підшипника у радіальному напрямі).

В роботі були проведено статичний аналіз реального шпіндельного валу, який опирається на спарені радіальні однорядні підшипники №46120 у п'ятьох варіантах розподілення жорсткостей по довжині їхньої бази.

Результати розрахунків показали, що вирішальна роль у точності розрахунку переміщень консольної частини валу належить спареному підшипнику передньої опори (найближчої до консолі), який треба моделювати чотирма пружними опорами рівної жорсткості. Збільшення кількості опор на поверхні заднього підшипника не дає значного підвищення точності результатів.

Ті ж самі схеми шпинделя були прораховані за допомогою МСЕ з використанням комплексу ANSYS. Порівняння результатів показали їх гарний збіг. Максимальна різниця між переміщеннями не перевершила 5%.

Література:

1. Valerij Khavin, Oleksiy Kyrkach, Inna Khavina . A Computational Technique for the Static Analysis of Multi-Support Spindle Shafts with Nonlinear Elastic Bearings. 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Year: 2020 | Conference Paper | Publisher: IEEE, p. 402-406.

ОПТИМІЗАЦІЯ ДВОХОПОРНОГО ШПИНДЕЛЬНОГО ВАЛА НА НЕЛІНІЙНО ПРУЖНИХ ОПОРАХ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЖОРСТКОСТІ

Хавін В.Л., Хавіна І.П., Погорілов С.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з основних конструктивних елементів металообробних верстатів є шпиндельний вузол (шпиндель), який служить для утримання ріжучих інструментів або заготовок. Жорсткість шпиндельного вузла грає визначальну роль в забезпеченні точності і ефективності роботи верстата в цілому. Оцінка жорсткості шпиндельного вала здійснюється на основі аналізу статичного згинання шпиндельного вала, що дозволило поставити і вирішити завдання оптимізації за характеристиками жорсткості для двох опорної конструкції шпиндельного вала на нелінійно пружних опорах.

Завдання представлено у вигляді задачі мінімізації однієї з 4-х запропонованих функцій за рахунок варіювання довжини консолі і меж опорної відстані. Рішення задачі згинання вала представлено в аналітичному вигляді спільно з залежностями для розрахунку радіальної жорсткості роликowego підшипника як функції діючого на нього опорного зусилля. Алгоритм вирішення завдань оптимізації реалізований в пакеті MatLAB.

Оптимальні рішення показали, що мінімум комбінованої функцій, що складається з суми відносних величин прогину на кінці консолі і кутів повороту на кінці консолі і на передній опорі вала досягається на тих же варіюваних параметрах, що і мінімуми кутів повороту на кінці консолі і на передній опорі.

Запропонований підхід до проектування валів шпиндельних вузлів металорізальних верстатів, оптимальних з точки зору характеристик жорсткості, формує інструмент для вибору підшипників і конструктивних параметрів двох опорних валів.

**РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ
КОНТУРІВ ФІГУРИ ТА КУТА ЇЇ НАХИЛУ**
Хлудєєв В.В., Мстельов В.О., Татарінова О.А.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

Теорія розпізнавання образів є одним з основних розділів кібернетики, як в теоретичному, так і в прикладному плані. Так, автоматизація деяких процесів передбачає створення пристроїв, здатних реагувати на мінливі характеристики зовнішнього середовища деякою кількістю позитивних реакцій. Базою для вирішення завдань такого рівня є результати класичної теорії статистичних рішень, в рамках якої розроблено алгоритми визначення класу, до якого може бути віднесений об'єкт, що розпізнається.

На базі статистики за рахунок застосування розділів прикладної математики, теорії інформації, методів алгебри, логіки, математичного програмування і системотехніки заснована теорія розпізнавання. Крім того, в основі теорії розпізнавання графічних образів лежать концепції теорії обробки зображень. У процесі розпізнавання кольорових об'єктів застосовується фільтрація зображень, операції математичної морфології, зміна яскравості і контрасту зображень, квантування кольору і перетворення графічних зображень.

На даний момент розпізнавання образів - одне з провідних напрямків кібернетики: воно спрощує взаємодію людини з комп'ютером і створює передумови для застосування різних систем штучного інтелекту.

Основний функціонал розробленого в роботі програмного засобу:

- завантаження файлу для розпізнавання;
- розмежування контуру серед зображення;
- відображення контуру та кута нахилу;
- видалення зайвої частини контуру;
- збереження обробленого зображення.

Для розробки системи були поставлені такі задачі:

- ознайомлення з існуючими матеріалами для розпізнавання;
- аналіз існуючих програм для знаходження об'єктів;
- вибір фреймворку та проектування структури програми;
- аналіз технологій для розробки програмного забезпечення;
- проектування та створення програми використовуючи обрані технології.

В результаті роботи було створено систему, яка виконує описаний функціонал, забезпечує та надає інформацію знайденого контуру та кута нахилу завантаженого зображення користувачу.

ПРОГРАММНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ LATEX ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТОВ В ССКА КИДИМ

Холод Е.Ю., Андреев Ю.М.

***Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков***

В работе рассматривается проблема программной реализации автоматического формирования отчетов специальной системой компьютерной алгебры КиДиМ [1] в формате *LaTeX*.

ССКА КиДиМ в процессе расчетов формирует отчет, куда заносится информация об исходных данных, записанных в виде аналитических (формульных) выражений и иллюстрирующих рисунков; генерируемых уравнениях и входящих в них переменных, решающих поставленную задачу; диагностических выводах; результатах в виде формул, числовых и формульных таблиц, графиков. До сих пор эти отчеты составлялись системой компьютерной алгебры в формате *HTML*-файлов с записью аналитических выражений в текстовой нотации.

Для повышения качества представляемой информации в отчетах КиДиМ предлагается формировать указанные отчеты в *LaTeX*-формате. Относительно сложной проблемой здесь является представление в этом формате аналитических выражений.

Эти выражения представляются системой КиДиМ в памяти ПК в виде структур типа «дерево» с узлами – унарными или бинарными операциями и ветвями – их операндами [2]. Для реализации и тестирования такого решения разработана специальная программа, на вход которой поступает формула в текстовой нотации, а на выходе – *PDF*-файл с изображением этой формулы в *LaTeX*-формате, более привычном для пользователя. При этом внутри этой программы формула преобразуется сначала к внутреннему виду КиДиМ – структуре «дерево», а затем – к *LaTeX*-формату и выводу в выходное окошко. Это позволяет вставить блок преобразования формул из структуры «дерево» в *LaTeX*-формат в блоки формирования отчетов ССКА КиДиМ.

Литература:

1. Андреев Ю. М. Новая система компьютерной алгебры для исследования колебаний структурно-сложных голономных и неголономных систем твердых тел / Ю. М. Андреев, О.К. Морачковский // Надежность и долговечность машин и сооружений :междунар. науч.-техн. сбор. НАН Украины. – К.: ИПП им. Писаренко Г. С., Ассоциация «Надежность машин и сооружений», 2006. –Вып. 26. – С. 11–18.
2. Андреев Ю. М. Разработка специальной системы компьютерной алгебры динамики машин в объектно-ориентированной среде BORLAND BUILDER C++ / Ю. М. Андреев // Вісник Хмельницького національного університету :Технічні науки. – Хмельницький : Хмельницький національний університет. – 2005. – Ч. 1. – Т. 2. – С. 36–41.

SPECTRAL DECOMPOSITIONS OF RANDOM SEQUENCES OF AN INFINITE RANK OF UNSTATIONARY WITH SPECTRUM AT ZERO

Cheremskaya N.V.

*National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv*

This note is devoted to the study of the spectral decomposition of random sequences of infinite rank of nonstationarity with a continuous spectrum.

Difference equations associated with operator nodes are used to construct spectral decomposition of random sequences of infinite rank of nonstationarity, which are considered as sequences in the corresponding Hilbert space $H = L^2_{[0,l]}$.

Theorem. For each complete dissipative sequence $x_n = A^n x_0$ finite quasi-rank, where A completely unconjugated operator with spectrum at zero, there is a spectral measure $z_x (0 \leq x \leq l)$ and set functions $\theta_\alpha(x) (\alpha = \overline{1, r})$, which satisfy the following conditions:

1) $\langle \Delta_1 z, \Delta_2 z \rangle = \rho(\Delta_1 \cap \Delta_2)$, де $\Delta_k z (k = 1, 2)$ – increment z_k respectively on intervals Δ_k , $\rho(\Delta_1 \cap \Delta_2)$ – the length of the common part of the intervals Δ_k ;

2) $\sum_{\alpha=1}^r |\theta_\alpha(x)|^2 \equiv 1 \quad (0 \leq x \leq l);$

3) $\int_0^l \theta_\alpha(x) \overline{\theta_\beta(x)} dx = \omega_\alpha \delta_{\alpha\beta}$

and such that sequence x_n can be depicted as: $x_n = \int_0^l f(n, x) dz_x$, where function $f(n, x)$ is from the system of equations:

$$\begin{aligned} f(n+1, x) &= -i \sum_{\alpha=1}^r \theta_\alpha(x) u_\alpha(n, x), \\ \frac{du_\alpha(n, x)}{dx} &= -i f(n+1, x) \theta_\alpha(x), \\ f(n, x)|_{n=0} &= f_0(x), \quad f_0(x) \in L^2_{[0,l]} \\ u_\alpha(n, x)|_{x=0} &= u_\alpha(n) \quad (\alpha = \overline{1, r}), \quad u_\alpha(n) \equiv 0. \end{aligned}$$

This theorem can be used to construct spectral expansions of inhomogeneous random fields in solving multidimensional practical problems.

ПІДХІД КЕРОВАНИЙ ДАНИМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНІ ТЕКУЧОСТІ МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ЙОГО МІКРОСТРУКТУРИ

Шаповалова М. І., Водка О. О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Використання матеріалів із складною внутрішньою будовою, потребують детального вивчення їх внутрішньої мікроструктури. Для розуміння поведінки конструкції під час експлуатації, необхідно знати механічні властивості матеріалу та граничні значення напружень, при яких можлива безвідмовна робота. Прогнозування пластичності матеріалів, які перебувають у багатовимірному напруженому стані – складний та трудомісткий процес. Технічні труднощі, що при цьому виникають, пов'язані з одного боку – зі складністю експериментального середовища, а з іншого – величезною кількістю зразків, які необхідно перевіряти.

Головна ідея запропонованого дослідження базується на використанні підходу керованого даними для обчислення поверхні текучості гомогенного матеріалу у багатовимірному напруженому стані. Цей підхід використовує гіпотезу теорії максимальних спотворень енергії (гіпотеза Губер-фон Мізеса-Хенкі). Згідно з якою, пластичні деформації зразка в складному напруженому стані виникають, коли питома енергія пласта стає рівною або перевищує питому енергію формування матеріалу під дією одновісного напруженого стану. Вихід за границі поверхні текучості вказують на можливість переходу моделі у пластичний стан.

Підхід передбачає обчислення напруженого стану методом скінченних елементів на основі плоских моделей. Гомогенна структура, що досліджується, формується статистично еквівалентно, на основі мікроструктури високоміцного чавуну із сфероїдальними включеннями. Конструкція враховує різну зосередженість та розміри включень графіту у феритовому матеріалі. Для типових варіантів концентрації включень проводиться ряд віртуальних експериментів для визначання поверхні текучості не у детермінованій, а у ймовірнісній постановці. Для розрахунку береться увесь набір поверхонь текучості, а не лише усереднене значення. Накопичені дані, дозволяють проводити дослідження ймовірнісних характеристик випадкової функції, запропонована схема враховує неоднозначну поведінку анізотропного матеріалу при розтягу-стисненні, що дає оцінку анізотропії властивостей поверхні текучості матеріалу.

Аналіз ймовірнісних характеристик поверхні текучості показує вплив концентрації включень на параметри міцності матеріалу. Було встановлено, що із збільшенням концентрації включень у моделі – відбувається зменшення величини напружень та зменшення розкид досліджуваної величини, як під час стиснення так і розтягу. Отримана інформація з мікрорівня дозволяє розширити знання про механічні властивості матеріалу, та перенести запропонований метод дослідження на реальні макро моделі.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Ширяева О.И.

*Казахский национальный исследовательский технический университет
им.К.Сатпаева (Satbayev University),
г. Алматы*

В работе рассмотрены вопросы получения результатов разработки сложных систем управления на основе интеллектуальных алгоритмов поисковой оптимизации и свойств искусственной иммунной системы.

В настоящее время актуальны исследования в области синтеза одномерных систем управления на основе методологии AIS, как адаптивной вычислительной системы, включающей модели, принципы, механизмы и функции, описанные в теоретической иммунологии, [1]. Механизм адаптации является одним из ключевых свойств искусственной иммунной системы, который имеет перспективу для решения проблем управления и который обеспечивает функционирование иммунологической системы в условиях непрерывных возмущений, вызываемых изменениями организма и его взаимодействием с внешней средой [2].

Результатом исследования в данной работе является развитие искусственной иммунной системы на класс именно сложных систем, которая дает системе управления новые возможности для адаптации [3]. Свойство адаптируемости AIS позволяет сформулировать основные принципы параметрической и структурной адаптации сложной системы управления с взаимосвязями при их моделировании в условиях неопределённости и воздействия внешних возмущений. На основе AIS и новых подходов их использования, сформированы принципы адаптации и самоорганизации AIS для перспективного решения задач моделирования, анализа и синтеза сложных систем управления.

Исследования проводятся по гранту №AP09258508 КН МОН РК «Разработка интеллектуальной технологии управления сложными объектами на основе унифицированной искусственной иммунной системы для промышленной автоматизации с использованием современной микропроцессорной техники» (2021-2023 гг.).

Литература:

1. Кушнир Н.В., Кушнир А.В., Анацкая Е.В., Катышева П.А., Устинов К.Г.. Искусственные иммунные системы: обзор и современное состояние // Научные труды КубГТУ. – №12. – 2015. – 10 с.
2. Брюхомицкий Ю.А. Модель искусственной иммунной системы с двойной пластичностью // Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Информационная безопасность». Ч. I. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – С. 147-155.
3. Woodland D. Plasticity in Adaptive Immunity // Viral immunology. – 2016. – Vol.26. – №5. – P. 301.

СЕКЦІЯ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

RFID AND INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Alieksieiev V.^{1,2}, Demchenko E.², Zub O.², Sydorenko V.², Kovalenko V.²

¹*Leibniz University Hannover, Hannover, Germany*

²*National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv*

The term “Industry 4.0” was firstly public presented during the Hannover Messe, one of the biggest trade fairs in the world, by the promoter group of the research union Economic-Science (German: Wirtschaft-Wissenschaft) [1]. This term describes the implementation of intelligent and digital systems and technologies (e.g. Internet of Things, Artificial Intelligence, Big Data etc.) in all human areas of activity with the purpose to assist people processing the big information and data volumes. In the context of logistical implementations of Industry 4.0 it is usual to speak about a term “Logistics 4.0”. It describes the application of intelligent automation and data processing systems especially in logistical application, such as warehousing, transport technologies, production logistics, etc (cf. also [1]).

Due to increasing complexity of logistic and production systems, companies are forced to look for technical solutions, which enable them to establish an effective control of material flows, to increase the turnover and to minimize the logistic costs. Especially the items identification process, as a binding element between different members of the supply chain, plays an important role. One of the possible technical solutions for an effective identification of items is the Radio Frequency Identification (RFID) technology. This technology is based on the radio frequency data transmission between a transponder (chip), which is located on the item or items package, and reader, which can be located on distance up to 100 m from the chip (in special cases) [2, 512]. The information from the chip is read by the reader and can be transmitted e.g. to the computer for further processing. In comparison to the second frequently used identification technology - barcode identification technology – RFID has following important advantages: it is contactless, which can also be relevant e.g. in time of pandemic, enables to scan several items per moment, at a significantly bigger distance. In addition to this, the transponder (chip) can be located inside of the package, which can protect it from the damage, and can be rewritten.

As possible difficulties in the implementation of RFID in production and logistic processes and future research fields can be e.g. costs reduction for implementation and maintenance of RFID-systems, transmission stability under the influence of liquids of metals as well as reduction of logistic costs using the RFID-technology.

Sources:

1. Bousonville, T. Logistik 4.0, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017.
2. Martin, H. Transport- und Lagerlogistik, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014.

ФОРМУВАННЯ 3D-МОДЕЛІ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ УСТАНОВКИ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗА ГЕНЕТИЧНИМ АЛГОРИТМОМ

Гаращенко Я.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Раціональне розташування 3D-моделей у робочому просторі пошарової побудови суттєво впливає на ефективність використання потенційних можливостей обладнання адитивних технологій.

В адитивних технологіях при вирішенні оптимізаційних задач найбільш прийнятним є генетичний алгоритм. Задачу розміщення 3D-моделей виконують, як правило, при фіксації орієнтації виробів. Тому розглянуто вирішення задачі при заданих кутах повороту 3D-моделей, що забезпечують раціональну орієнтацію виробу за критерієм мінімальних відхилень від правильної форми поверхонь.

У якості критерію оптимізації при формуванні 3D-моделі робочого простору з розміщеними виробами розраховується наступна функція:

$$f(x) = f(M) \cdot K_f - F_p - F_{cp},$$

де $f(M)$ - цільова функція, що визначає висоту побудови або відносне заповнення робочого простору 3D-моделями виробів;

K_f - коефіцієнт посилення цільової функції, що дозволяє задати раціональне співвідношення між складовими функції для усунення проблеми коректного розміщення;

F_p - штрафна функція (кількість «конфліктних» вокселей 3D-моделей), що введена з метою забезпечення коректного розміщення виробів;

F_{cp} - складова, що визначається сумою величин генів у генетичному алгоритмі.

Складова функції F_{cp} дозволяє усунути проблему відсутності оптимуму в цільовій функції або наявності плоских ділянок на поверхні відгуку, з якими генетичний алгоритм «погано» працює.

Апробація алгоритму виконувалася для трьох варіантів попереднього сортування 3D-моделей (без сортування, при зменшенні або збільшенні об'єму виробу). При цьому визначалися статистичні характеристики (мінімальне, максимальне і середнє значення) досліджених ознак (висоти та шарів побудови, кількості підпросторів зайнятих матеріалом виробів або порожніх).

В результаті дослідження отримано наступні рекомендації щодо параметрів генетичного алгоритму: ймовірність схрещування $p_c = 80\%$; ймовірність мутації $p_m = 1 \div 3\%$; кількість осіб в популяції $N_p = 20 \div 50$ (перевага для задавання величини $N_p = 30$); кількість генерацій (поколінь) $N_g = 50$.

Дослідження щодо можливостей раціонального розміщення 3D-моделей виробів за генетичним алгоритмом виконувалося в системі "Технологічна підготовка матеріалізації складних виробів адитивними методами", розроблений на кафедрі "Інтегровані технології машинобудування" НТУ "ХПІ".

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОПРИВОДУ РОБОЧОГО КОЛЕСА ПОВОРОТНО - ЛОПАТЕВОЇ ГІДРОТУРБИНИ

Гасюк О.І., Цента Є.М., Ярошенко О.А.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків***

Сучасні тенденції створення систем управління частотою обертання ротора гідротурбіни засновані на широкому застосуванні ЕОМ.

Це дозволило суттєво скоротити кількість гідроапаратів, механічних елементів і передати їх функції управляючій електроніці, програмному забезпеченню ЕОМ.

З'явилася можливість розробляти мехатронні системи з поліпшеними динамічними характеристиками.

Система управління гідротурбіною складається з двох гідроприводів:

- направляючого апарату,
- робочого колеса (РК).

Якщо по динаміці мехатронного гідроприводу направляючого апарату існує цілий ряд публікацій, то по гідроприводу робочого колеса (ГП РК) вони практично відсутні.

До складу ГП РК входять три гідроприсрої (електрогідравлічний перетворювач, гідророзподільник (РЗ) і сервомотор (СМ) (гідроциліндр)) і на функціональній схемі відображені зовнішній контур зі зворотним зв'язком по переміщенню СМ і внутрішній контур зі зворотним зв'язком по положенню РЗ. Сигнали розузгодження надходять на регулятор кожного контуру з подальшим підсумовуванням. На вхід ГП РК надходить сигнал, що відображає комбінаторну залежність між положенням лопаток направляючого апарату і положенням лопатей РК.

Попередні дослідження розробленої математичної моделі показали, що не забезпечується відпрацювання малих переміщень.

У прямий ланцюг управління було введено коригувальний пристрій, точки нелінійної характеристики якого визначалися рішенням задачі синтезу по динамічному критерію.

Методика синтезу коригувального пристрою дозволяє поліпшити робочий процес гідроагрегата в частині компенсації впливу великих інерційних сил об'єкта управління, тобто істотне зниження коливань швидкості переміщення штока гідроциліндра і піків тиску робочої рідини.

Розроблена математична модель з урахуванням алгоритму її побудови дозволяє на стадії проектування нових і модернізованих гідроприводів повороту лопатей робочого колеса гідротурбіни оцінити показники якості статичних і динамічних характеристик.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА

Губський С.О., Макаров Д.І.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

На сучасних виробничих підприємствах, заводах широко застосовують автоматизацію виробництва, що дає можливість планувати та виконувати технологічний процес без участі людини, підвищити якість виконуваних робіт, зменшити час на виробництво продукції, зменшити витрати на оплату праці, підвищити якість обробки матеріалу. Ефективним є застосування роботів на шкідливих виробництвах. Тому застосування роботів-маніпуляторів та підвищення їх рівня автоматизації є актуальним завданням.

По системі керування промислові роботи можливо класифікувати на програмні, адаптивні та інтелектуальні; по технічному призначенню: універсальні, спеціалізовані, спеціальні; по функціональному призначенню: універсальні, виробничі, підйомно-транспортні.

Промисловий робот ПР5-2-13.4.3 є універсальними, надлегкими, простим в обслуговуванні та має призначення як допоміжне обладнання для використання в складі робото-технічних комплексів виробництва деталей обробкою тиском. Модулі даного робота можна використовувати індивідуально і в різних комбінаціях з іншими модулями.

Керування промисловим роботом ПР5-2-13.4.3 здійснювалася технічно застарілим мікроконтролером МКП-1. Заміна його, отже і всієї системи керування, на сучасний мікроконтролерний пристрій дала можливість організувати керування промисловим роботом ПР5-2-13.4.3 не тільки з програмної консолі, але і з мобільних пристроїв бездротовим шляхом, в рази зросла швидкість обробки інформації та взаємозв'язок з іншими системами.

Для модернізації системи керування маніпулятора ПР5-2-13.4.3 була розроблена та реалізована схема на основі модульної схемотехніки, на процесорі Atmega328 - 8-ми бітної розрядності, що входить до складу модуля Arduino NANO. Дана модернізована система керування маніпулятора ПР5-2-13.4.3 має такі режими роботи: I – керування через послідовний порт комп'ютера, тобто з клавіатури (обмін командами здійснюється через USB); II – пряме керування роботом-маніпулятором через клавіші S1-S4; III – адаптивний. Тобто оператор може навчити виконання певних операцій робота-маніпулятора шляхом одиночного запису в EEPROM алгоритму виконання певної операції з подальшим автоматичним її відтворенням; IV – вибір попередньо запрограмованого алгоритму роботи робота-маніпулятора.

Також, програмно реалізовано перспективи подальшої модернізації системи керування робота-маніпулятора ПР5-2-13.4.3 з застосуванням цифрового акселерометра. Створена модель в програмному забезпеченні Simulink. Дана модернізація дозволить керувати роботом-маніпулятором простими порухами руки та пальців.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОТІКАННЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИХ ПРОЦЕСІВ В УМОВАХ НЕСУЦІЛЬНОСТІ ТВЕРДОГО МАСТИЛА НА РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ КРУГА ПРИ АЛМАЗНО-ІСКРОВОМУ ШЛІФУВАННІ

Гуцаленко Ю.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У галузях, що визначають техніко-технологічну конкурентоспроможність розвинутих країн, широко використовуються деталі, висока функціональність яких є наслідком підвищеної твердості та зносостійкості матеріалів виготовлення, тобто важкооброблюваних. Проблемою виготовленні деталей з таких матеріалів є одночасне забезпечення технологічної продуктивності, функціональної якості та екологічної чистоти технологій. Цій парадигмі за досвідом НТУ «ХПІ» відповідає застосування алмазно-іскрового шліфування (АІШ) з використанням твердих мастил (ТМ) альтернативно змащувально-охладжуючим технологічним засобам на водній або масляній основі.

Однак введення твердого змащування підвищує складність та рівень невизначеності робочого процесу шліфування, розширює простір гіпотез, припущень та версій щодо можливостей контролю процесу та управління його ефективністю, пошуку патентоспроможних технічних рішень подальшого розвитку перспективного технологічного напрямку алмазно-абразивної обробки з введенням електричної енергії електричних розрядів в зону різання.

Імовірно більш характерним АІШ з ТМ є очікування розгалужування каналу електричного розряду в зоні різання внаслідок підвищеної неоднорідності середовища проміжку між поверхнями електродів ініціювання розряду, тобто інструментальною і обробки, деякою мірою подібно грону електричних каналів після одиничного імпульсу при атмосферному розряді у складному середовищі. Провокаціями багатоканального розпаду електричного розряду в зоні обробки з імпульсним розрядним замиканням ланцюга «метал зв'язки - метал заготовки», крім властивих будь-який абразивної обробці шліфуванням неоднорідності заповнення стружкою міжзернового простору і переривчастих контактів диспергентів обробленої поверхні зі зв'язкою круга, при АІШ з накладенням ТМ є відмінності товщини і порушення цілісності мастильного покриття. Причому острівці відсутності покриття в певному стані природної вологості середовища обробки при даних показниках її електричної провідності можуть виступати пріоритетними мішенями розрядного бомбардування інструментальної поверхні, аналогічно наскрізним порам в процесі мікродугового оксидування [1].

Література:

1. Gutsalenko, Yu.G. (2020) Electric insulation technologies and characteristics of micro-arc oxidation of aluminum alloys of diamond grinding wheel frameworks. In: *Modern engineering research: topical problems, challenges and modernity*. Baltija Publishing, Riga, pp. 106-126.

ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ БЕЗВОДНОГО АЛМАЗНО-ІСКРОВОГО ШЛІФУВАННЯ НА УНІВЕРСАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

**Гуцаленко Ю.Г., Севидова О.К., Білозеров В.В., Махатілова Г.І.,
Степанова І.І., Івкін В.В., Руднєв О.В.**

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків***

Скороченню використання води в обслуговуванні промислових потреб, що є однією з провідних глобальних екологічних домінант, найбільш повно відповідає застосування твердих мастил в безводних технологіях шліфування, яке в НТУ «ХПІ» здійснюється за методом алмазно-іскрового шліфування.

Поширення застосувань алмазно-іскрового шліфування з використанням універсальних верстатів суттєво спрощується, якщо застосовувати розроблений в НТУ «ХПІ» підхід з інверсією електро-бар'єрних технічних рішень від інструментального шпинделю до безпосередньо інструменту, з локальною ізоляцією його металевих корпусу у зонах посадкового та кріпильного контактів на верстаті. Розроблено низку захищених патентами України корисних моделей, дві з яких відносяться до способів (технологій) [1, 2], а інші три – до конструкторсько-технологічних образів алмазно-абразивних інструментів (ААІ) [3-5]. До сталевих корпусів ААІ запропоновано удосконалені за зносостійкістю епоксидні покриття [1], для алюмінієвих – мікродугове оксидування (МДО) [3-5]. Запатентовано спосіб насичення поверхневої пористості покриттів МДО вінілхлоридною композицією, що підвищує характеристики діелектричного захисту і їх стійкість в часі [2].

Підведення струму до інструменту може здійснюватися за допомогою звичайного щіткового контакту через вільні від електроізоляційного покриття поверхні його металевих корпусу або безпосередньо алмазно-металеву композицію робочої частини шліфувального круга.

Література:

1. Гуцаленко, Ю.Г. Композиція для електроізоляційних зносостійких покриттів / Ю.Г. Гуцаленко, В.В. Івкін, О.В. Руднєв, О.К. Севидова // *UA pat. 92786*. – 2014. – Бюл. № 17.
2. Севидова, О. К. Спосіб формування зносостійких електроізоляційних покриттів на сплавах алюмінію та титану / О.К. Севидова, І.І. Степанова, Ю.Г. Гуцаленко, К.М. Алексєєв // *UA pat. 111473*. – 2016. – Бюл. № 21.
3. Гуцаленко, Ю.Г. Шлифовальный круг / Ю.Г. Гуцаленко, О.К. Севидова, І.І. Степанова // *UA pat. 96568*. – 2015. – Бюл. № 3.
4. Гуцаленко, Ю.Г. Шлифовальный круг / Ю.Г. Гуцаленко, О.К. Севидова, В.В. Білозеров, Г.І. Махатілова // *UA pat. 117767*. – 2017. – Бюл. № 13.
5. Гуцаленко, Ю.Г. Шлифовальный круг для обработки с комбинированием механических и электрических процессов в зоне резания / Ю.Г. Гуцаленко, О.К. Севидова, О.В. Руднєв, І.І. Степанова, В.В. Івкін // *UA pat. 121852*. – 2017. – Бюл. № 24.

MODERN APPROACHES TO THE TRANSITION TO THE TECHNOLOGY OF MINIMAL LUBRICATION IN ABRASIVE MACHINING

¹Gutsalenko Yu.G., ²Iancu C.G., ¹Ivkin V.V., ¹Rudnev O.V., ¹Sevidova O.K.

¹Nat. Tech. Univ. "Kharkiv Polytech. Inst.", Kharkiv

²C-tin Brâncuși Univ. of Tg-Jiu, Targu Jiu

The decision on the use of lubricating-coolant, usually water or oil based liquid [1] is an integral part of the definition of machining process, particularly important with the use of abrasive tools when thermo-physical load of machining area is formed by mass abrasive micro-cutting.

An analysis of the activity of firms and research centers [2] shows that there is an intense search in the world for efficient technological methods of transition to low and waterless machining technologies in line with the global environmental challenge of drinking water. The problem of cooling systems in the process of grinding materials is updated by the modern European technology platform Industry 4.0 and is considered in the unity of technical, economic and environmental development.

In China and the USA, ideas about the thermodynamic mechanism of grinding processes are formed under conditions of minimal cooling and lubrication (M. Yang, et al.). In Iran, heat removal from the cutting zone using minimal liquid lubrication alternative to conventional approaches is investigating by finite element models (M. Hadad and A. Sharbati). In Japan, unconventional inclusion of the grinding wheel in the flow of cooling agents in the processing of difficult-to-process materials is developing (S. Toyokawa, et al.); various solid alternatives to liquid remedies that are grease-cooling and clean the grinding wheel surface down to hard water (dry ice) are considered (Yu. Ohta, et al.).

In Australia and Indonesia, new opportunities for comprehensive optimization of grinding operations in countries with fresh water problems are associated with the improvement of air cooling (B. Boswell, et al.). In Russia, air flow as a cooling medium when cutting materials is proposed to be pre-activated by ionization (M. Sh. Migranov, et al.).

Regional cultures of clean water savings and the global nature of the problem also stimulate international scientific and technical cooperation in the development and research of minimal lubrication techniques as a viable alternative to conventional irrigation (B. Sen, et al.; India, Bangladesh, Poland and the United Kingdom), as well as anhydrous processes of diamond-spark grinding of hard-to-machine materials using solid lubricants (A. K. Agu and M. D. Uzunyan; Nigeria and Ukraine), which is a priority development of the NTU "KhPI".

References:

1. Winter, M. (2016) *Eco-efficiency of Grinding Processes and Systems*. Springer International Publishing AG Switzerland.
2. Gutsalenko Yu., C. Iancu, T. Tavrina, M. Rucki, and A. Rudnev (2019) Environmental actuality, technological competitive environment and prediction of the prospects of anhydrous diamond-spark grinding using solid lubricants. *Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series*, Iss. 2, pp. 13-17.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДУЛЯ ВІБРОГАСНИКА НА ДИНАМІКУ РОБОТИ ЕЛЕКТРОВІДЦЕНТРОВОЇ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

Дмитрієнко О.В., Ярошенко О.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуто питання впливу модуля віброгасника на динаміку роботи електровідцентрової насосної установки. Аналіз наукових робіт[1,2] показав значимість впливу вібрації на роботу електровідцентрового насоса і збільшення числа відмов електровідцентрових насосів внаслідок впливу вібрації.

Було проведено кілька досліджень для встановлення оптимальної кількості ступенів модуля віброгасника. Спочатку на підставку стенду встановлювалися гумовий диск і металевий диск. Після чого опускався вантаж масою 0,3 кг. У момент удару вантажу об верхній диск віброаналізатором реєструвався вібраційний сигнал і записувався у пам'ять. Виміри проводилися при неодноразовому опусканні вантажу. У другому замірі на встановлені раніше диски опускався ще один гумовий і металевий диски. У третьому і четвертому замірах були встановлені додатково по два і по чотири гумових та металевих диска відповідно.

З допомогою Excel був виведений графік зміни середньоквадратичних швидкостей вібрації в залежності від кількості ступенів.

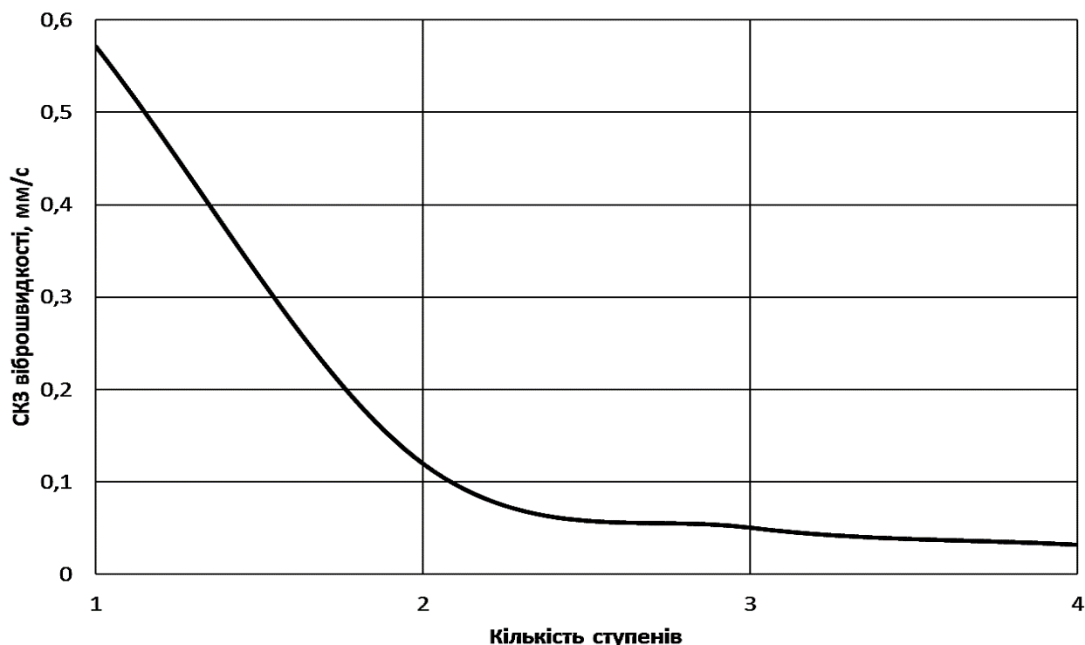


Рисунок 1 – Значення СКЗ при установці різної кількості дисків

Література:

1. Шелковников, Е. А. Анализ причин аварий на скважинах, оборудованных УЭЦН / Е. А. Шелковников // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2010. - № 3. – С. 10-12.
2. Ивановский В. Н. Скважинные насосные установки для добычи нефти / В. Н. Ивановский. – М.: Нефть и газ. - 2012. – 824 с.

ТОЧНІСТЬ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ПОШАРОВІЙ ПОБУДОВІ ВИРОБІВ АДИТИВНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Доброскок В.Л., Островерх Є.В., Вітязев Ю.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Розглянуті питання впливу похибок, що виникають у процесі виготовлення виробів адитивними технологіями та виконана їхня систематизація. Проведено аналіз основних механізмів виникнення похибок при пошаровому формоутворенні й дано оцінку ступеню впливу аналітичної та технологічної похибок на точність виготовлення й час формоутворення. На базі отриманої аналітичної моделі проведена оцінка можливості оптимізації товщин нарощуваних шарів по висоті виробу.

При використанні генеративних технологій деталі будуються дискретно пошарово на рухливій платформі установки, яка у початковому положенні перебуває під поверхнею вихідного матеріалу (рідкого фотомономера – лазерна стереолітографія, порошку – вибіркоче лазерне спікання) на глибині $0.025 \div 0.2$ мм. При мінімальному кроці переміщення платформи по осі Z похибка також мінімальна, але час побудови збільшується, що викликає збільшення собівартості виготовлення. Використання максимально можливого кроку побудови може привести до похибок, що перевищують установлений рівень. Отже, необхідно розглянути можливість регулювання кроку побудови, що визначає товщину нарощуваного шару.

При розгляді питання доцільності формування деталей шарами різної товщини будемо розглядати тільки геометричну складову похибки, називаючи її надалі похибкою формоутворення.

Аналіз показує, що основним і необхідним технологічним параметром, що визначає значення елементів похибки формоутворення, є товщина нарощуваного шару h_C . Наступними по значимості й достатніми для опису є конкуруючі між собою параметри, що залежать від функціонального опису поверхні деталі: $\delta = f(z, h_C)$ – збільшення границь деталі на товщині шару h_C й $\alpha = f(z, h_C)$ – кут між дотичною до поверхні деталі й віссю Z . У свою чергу ці параметри носять взаємозалежний характер: $\alpha = f(h_C, \delta)$, $\delta = f(h_C, \alpha)$.

Аналіз результатів розрахунків показує, що залежно від заданих значень похибки формоутворення $\Delta_{\text{зад}}$ й інтервалу зміни кута α можна суттєво (до 8 разів) збільшити значення товщини нарощуваного шару h_C без втрати точності. У свою чергу збільшення значень товщини нарощуваного шару h_C приводить до монотонного зменшення технологічного часу. Тоді максимально можливе зниження технологічного часу може доходити до 22 разів. Таким чином, можна вважати доведеною доцільність створення виробу або елементів з можливістю зміни товщин нарощуваних шарів за критерієм мінімуму технологічного часу (або собівартості виготовлення) з обмеженням по заданій похибці формоутворення.

TO THE CREATION OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR THE PURPOSE OF DATA SYNCHRONIZATION BETWEEN SMALL MACHINE- BUILDING ENTERPRISES

Dobrotvorskiy S.¹, Basova Y.¹, Zinchenko A.¹, Balog M.², Edl M.³

¹*National Technical University«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv*

²*Technical University of Kosice, Košice*

³*University of West Bohemia, Pilsen*

One of the main tasks of modern mechanical engineering is a way to synchronize product data between individual firms. Using the traditional (centralized) way of storing data, there is a high risk of data loss or unauthorized modification. Since the data is stored in one place, it is enough to delete or change it in one place and it will be difficult to track.

The work aims to research and create a decentralized way of storing and exchanging data based on blockchain technologies. If the design and technical data about a product are stored not in one place, but several, this will greatly complicate their unauthorized change or deletion. Since when data is deleted from one place, it will remain with other users, and if one user changes inconsistently, the data will differ from the data of other users, which will make his data irrelevant. Also, the blockchain will store the chain of changes, which will allow you to view the order, time, author, changes that will be made to the documentation. To develop such a system, it is necessary to analyze existing blockchain-based technologies such as cryptocurrencies (Bitcoin, Ethereum, Litecoin, Monero, Dash, Zcash, VertCoin, BitShares. You should pay attention to blockchain projects not related to cryptocurrencies, for example from such giants as Microsoft. Based on Azure Blockchain as Service, many blockchain solutions have already been developed for various industries, for example, "the first international transaction for the transfer of carbon credits over the blockchain. Blockchain projects of IBM, the main direction of which is the creation of "smart string contracts" and the creation of cloud storage. However, as you can see, most blockchain technologies are focused on creating currencies, or contracts, which is an analog of banking systems, only decentralized, we will have to either modify something ready or write our own. First of all, it is necessary to create structures that will describe the data for storage and synchronization (drawings, technological maps, etc.). The next step is to find a way to synchronize this data, you need to select network protocols, and the way we will transfer data between users. It is also necessary to select a protocol that will encrypt the hash of the sum of the files. Two main types of data were identified, these are design and technological documentation. The design data will contain drawings (parts, assembly, general view, theoretical, dimensional, electrical, assembly, packing), specification, explanatory note, specifications, technical requirements, types of design documents. The expected result of the work will be software that will allow users to securely store, share technical data that will be protected by digital signatures.

QUALITY ASSURANCE OF THE SURFACE LAYER OF PROCESSING PARTS BY VIBRATION HARDENING

Dobrotvorskiy S., Dobrovolska L., Prikhodko V.

National Technical University«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The modern market economy requires the constant manufacture of new products with improved quality, high performance properties while striving for a low-cost price.

The operational properties largely depend on the state of the surface layer: physical and mechanical properties and micro geometry. This provision sets the task of improving the surface quality, thereby increasing the requirements for finishing operations.

The purpose of the work is to improve the quality of the sandwich structures by improving the parameters of the technological process and software.

The high load capacity and durability of surfaces are largely determined by the quality of the surface layer of the parts. At the same time, tensile residual stresses usually reduce fatigue strength and durability. Compressive residual stresses at moderate operating temperatures have a positive effect on the strength properties of surfaces.

One of the technological ways to improve the performance and durability of critical machine parts is surface hardening by plastic deformation methods.

The first step is to simulate the processing of various alloys and sandwich structures.

The next step will be to systematize the data and draw conclusions about the processing parameters on the quality of the processed surface to write a program that allows you to calculate the technological parameters for processing parts.

It was determined to carry out simulation modeling on sandwich structures of various designs using thermal heating factors, which will allow a more expanded understanding of the influence of extraneous factors on improving surface quality.

References:

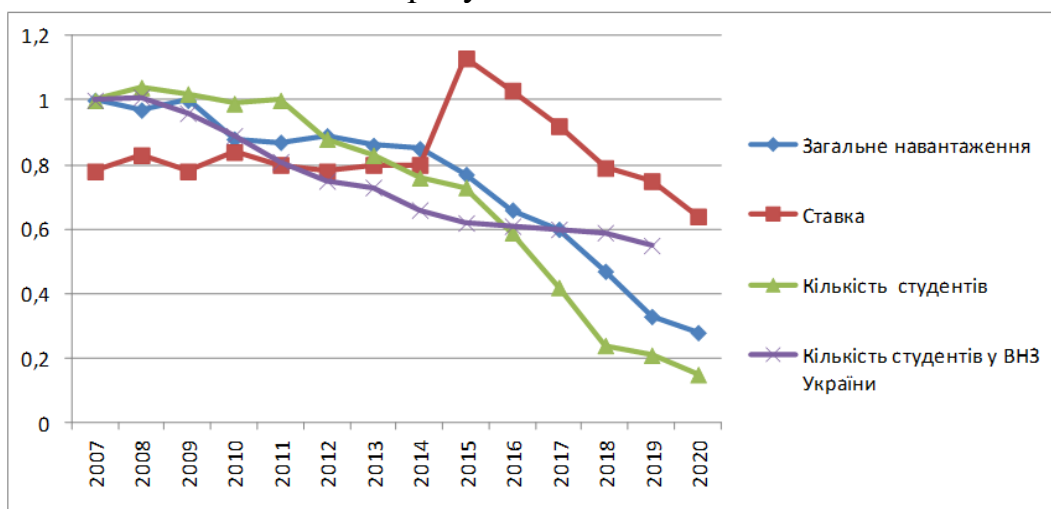
1. Ходош Б. Б. Влияние вибрационной обработки на упрочнение галтелей, фасок и острых кромок деталей / Б. Б. Ходош // Материалы научно-технического семинара «Вибрационное шлифование, отделка, упрочнение»: Ростов-на-Дону. – 1969. – С. 109– 112.
2. Бабичев А. П. Вибрационная обработка деталей / А. П. Бабичев. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
3. Боярских Г. А. Исследование износостойкости твердых сплавов, упрочненных вибрационным методом / Г. А. Боярских, В. И. Кармалюк, В. А. Повидайло // Вибрационная техника в машиностроении и приборостроении (тезисы докладов Всесоюзной научной конференции): Львов. – 1973. – С. 189 – 190.

ДИНАМІКА НАВЧАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КАФЕДРИ ІТМ НТУ «ХПІ»

Доля В.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі проаналізовано зміни основних показників навчальної роботи кафедри «Інтегровані технології машинобудування» НТУ «ХПІ» за період з 2007/2008 до 2020/2021 навчального року. На графіку надані зміни тільки таких показників, як: 1. Ставка – відношення кількості штатних одиниць до кількості навчально-педагогічних працівників поточного року; 2. Загальне навантаження – співвідношення загального аудиторного навантаження викладачів кафедри поточного навчального року у годинах до загального аудиторного навантаження 2007/2008 навчального року, яке становило 19656 годин (у 2020/2021 навчальному році – 5414 годин); 3. Кількість студентів – співвідношення кількості студентів денної форми навчання, яких готувала кафедра у поточному році до кількості студентів денної форми навчання, яких готувала кафедра у 2007/2008 навчальному році (загальна кількість студентів тоді становила 258 осіб, у 2020/2021 навчальному році – 39 осіб); 4. Кількість студентів у ВНЗ України – для порівняння відповідності загальних тенденцій на графіку наведено співвідношення кількості студентів у академіях, університетах, інститутах України на початок поточного навчального року за даними Головного управління статистики у м. Києві (<http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=532&lang=1>) до кількості студентів на початок 2007/2008 навчального року.



Головні події, що вплинули на динаміку показників: 1. Пенсійна реформа та реформа вищої освіти 2015 року – звільнення за власним бажанням 7 викладачів кафедри, що призвело до зростання ставки працюючих викладачів, подальше різке зменшення кількості студентів; 2. Зміна структури НТУ «ХПІ» у 2018 році – утворення навчально-наукових інститутів, що вплинуло на деяке зменшення темпу падіння показників.

ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ГІДРОАГРЕГАТІВ

Дорошенко О. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуті питання переваг та єдиних ефективних можливостей використання гідроагрегатів для роботи на пікових навантаженнях добового регулювання навантажень електроенергетичної системи країни.

Якщо виникає потреба в покритті пікових навантажень в електроенергетичній системі, то будуються гідроакумуючі станції (ГАЕС).

Якщо в електричній мережі виникає скидання навантаження, то виникає розбалансування моментів і ротори обертаються з більшою швидкістю. При підвищенні навантаження виникає розбалансування обертаючого та реактивного моментів і відбувається зменшення обертів роторів турбогенераторів

Пропонується використовувати поворотно-лопатеві гідротурбіни осьового і діагонального типу, що мають широкий діапазон надійної та ефективної експлуатації, завдяки зменшенню циркуляційних втрат за рахунок повороту лопатевих систем.

Основним недоліком використання поворотно-лопатевих гідротурбін є те що горизонтальні капсульні агрегати можуть використовуватися на тиску до 50 м. Поворотно лопатеві гідротурбіни осьового вертикального типу можуть використовуватися на тиску до 100 метрів.

Рішенням проблеми є використання нових гідротурбін, розробка яких проводилася на кафедрі «Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури», зі здвоєною лопатевою системою робочого колеса. К таким розробкам відносяться радіально-діагональні турбіни, які можна використовувати на тисках від 100 до 800-1000 м.

Аналізуючи можливості радіально діагональної турбін з трьохелементною системою регулювання (поворот лопатей направляючого апарата, розташованого на вході в робоче колесо, діагонально направляючого апарату і діагональних лопатей робочого колеса), фундаментально зменшуючій сумарній витрати основі «комбінаторної залежності» в системі регулювання, в системі регулювання, помічаємо збільшення пропускної можливості в 1,5-2 рази, розширення зон надійної експлуатації за витратами і тисками в 1,5-2 рази.

Вперше в світовій практиці гідротурбінобудування демонструються колосальні переваги радіально-діагональних гідротурбін з двохступінчатою лопатевою системою та підводячими органами у вигляді соплових апаратів.

ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS OF THE FLOW IN THE WATER PASSAGE OF THE REVERSIBLE HYDRAULIC MACHINE IN THE PUMPING OPERATION MODE

Drankovskiy V. E., Rezvaya K. S., Dubovitskaya M. S.

*National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv*

For high-quality forecasting of energy characteristics, it is necessary in the research of the working process of a reversible hydraulic machine to compile an energy balance not only in the turbine, but also in the pump mode.

The method of averaged dimensionless parameters is used for determination of the hydraulic losses in the pump mode in the elements of the water passage in the initial stages of its design. This method does not allow to separate losses in the spiral casing, stator columns and wicket gate, therefore balance losses in these elements are summarized.

In the fig. 1 there are research results of ORO500. Calculations were performed at a constant value of $n = 1000$ rpm, the rate value varied in range from 30 to 70 l/sec, opening of the wicket gate vanes (a_0) is 13 mm for the runner model diameter that equals 350 mm.

The graph shows that the minimum values of losses at the rate 51 l/sec. With increasing rate through the reversible hydraulic machine losses in the supply monotonically increase, in the optimum they reach about 1.5 %. Runner losses at rate values $Q < Q_{opt}$ and $Q > Q_{opt}$ increase. This is due to the fact that there are shock losses on the suction edges of the runner at rates that differ from the optimal value. Losses in the runner at the optimal value of the rate reach about 3 %.

Essentially the change in hydraulic losses in the water passage is significantly affected by losses in the outlet. The presence of wicket gate vanes is a feature of a reversible hydraulic machine in comparison with centrifugal pumps. It is in wicket gate that the greatest losses are noted. The maximum losses are in the zone of small values of rate. At $Q = Q_{opt}$ $h_{outlet} = 8.5$ %.

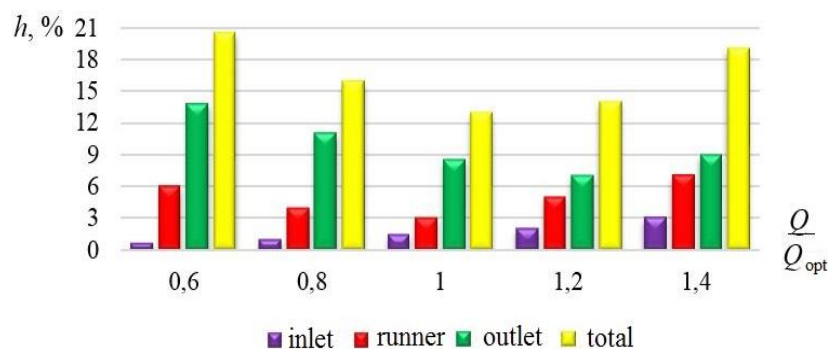


Figure 1 – Energy losses in the parts of water passage ORO500 in the pump mode

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН

**Коваленко В.О., Стрижак В.В., Дружинін Є.І., Журавель О.В.,
Стрижак М.Г., Аніщенко Г.О.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Досліджуються параметри крану, необхідні для формування техніко-комерційної пропозиції. Виявлені причини значних працевитрат при складанні технічної частини комерційної пропозиції. Запропонована концепція розв'язку цієї проблеми. Обрано програмне середовище для створення автоматизованої розрахунково-графічної системи проектування, розроблено її діалоговий інтерфейс і функціональну частину.

Інноваційність запропонованого рішення полягає в принципово нових підходах до визначення параметрів крана, які реалізовані в розрахунковому ядрі програмного забезпечення. Ці параметри визначаються не шляхом прийняття ряду конструкторських рішень з наступним підтвердженням їх правильності, розрахунками на міцність, витривалість і т. д., а шляхом автоматизованого розрахунку на основі науково обґрунтованих функціональних залежностей, побудованих за даними аналогічних кранів.

Такий підхід неможливо реалізувати без потужного математичного апарата з області теорії статистики й обробки даних, оскільки навіть несуттєва похибка розрахунків параметрів, наприклад, такого як маса крана, може привести до значного необґрунтованого завищення або заниження вартості в комерційній пропозиції. Аналітична та чисельна обробка статистичних даних проведена в пакеті прикладних програм MATLAB.

Запропоновані теоретичні підходи до розрахунку параметрів кранів реалізовано у Web-додатку. При потраплянні на головну сторінку калькулятора відкривається таблиця різновидів кранів, для яких можливо визначити параметри та створити габаритне креслення, а саме: мостові крани загального призначення з одним та двома підйомами, магнітний, грейферний, однобалочний і козловий. Після внесення потрібних значень, можна натиснути кнопку «Розрахувати» і через декілька секунд отримати результат в правій колонці сайту. Після натискання кнопки занесення даних на креслення відкривається сторінка з кресленнями крану та усіма введеними та розрахованими параметрами.

Тепер замовник може зберегти креслення собі на комп'ютер та відправити виконавцю (підприємству), яке побудує кран по всім характеристикам вказаними на кресленні. Провести розрахунок крану можна навіть з телефону, адже усі розрахунки на себе бере сайт, та не вимагає від гаджету нічого окрім браузера та інтернету. В майбутньому буде реалізовано он-лайн відправлення всіх параметрів та креслень відразу на підприємство разом з даними замовника, після чого консультант зможе відправити документацію чи зателефонувати замовнику для підтвердження замовлення.

РОЗРАХУНКИ ПУСКОВИХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ КРАНУ

Коваленко В.О., Стрижак В.В., Іглін С.П., Коваленко О.О., Стрижак М.Г.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

Досліджується змінювання динамічних характеристик привода кранового механізму з частотним регулюванням швидкості двигуна при різних режимах розгону. Були взяті такі закони змінювання частоти від нуля до номінального значення: лінійний, параболічний та S-подібний.

Для розв'язання цієї задачі була створена математична модель кранового механізму в вигляді системи з двох звичайних нелінійних диференціальних рівнянь 1-го порядку відносно керованих змінних: крутного моменту на валу електродвигуна та його кутової швидкості. Параметри моделі були взяті для двигуна АО2-42-4.

Аналітичні та чисельні розрахунки проводилися в пакеті прикладних програм MATLAB. Спочатку знаходився розв'язок на етапі розгону при нульових початкових умовах. Далі функції цього розв'язку обчислювалися в останній момент розгону, і ці дані були взяті як початкові умови для другого етапу: роботи крану після розгону. На цьому етапі розв'язувалася система диференціальних рівнянь зі сталим керуванням.

Результати аналітичного та чисельного розв'язання порівнювалися між собою. Вони повністю співпадають. На рис. 1 показана залежність крутного моменту від часу для лінійного (ліворуч), квадратичного (в центрі) та S-подібного (праворуч) режимів розгону.

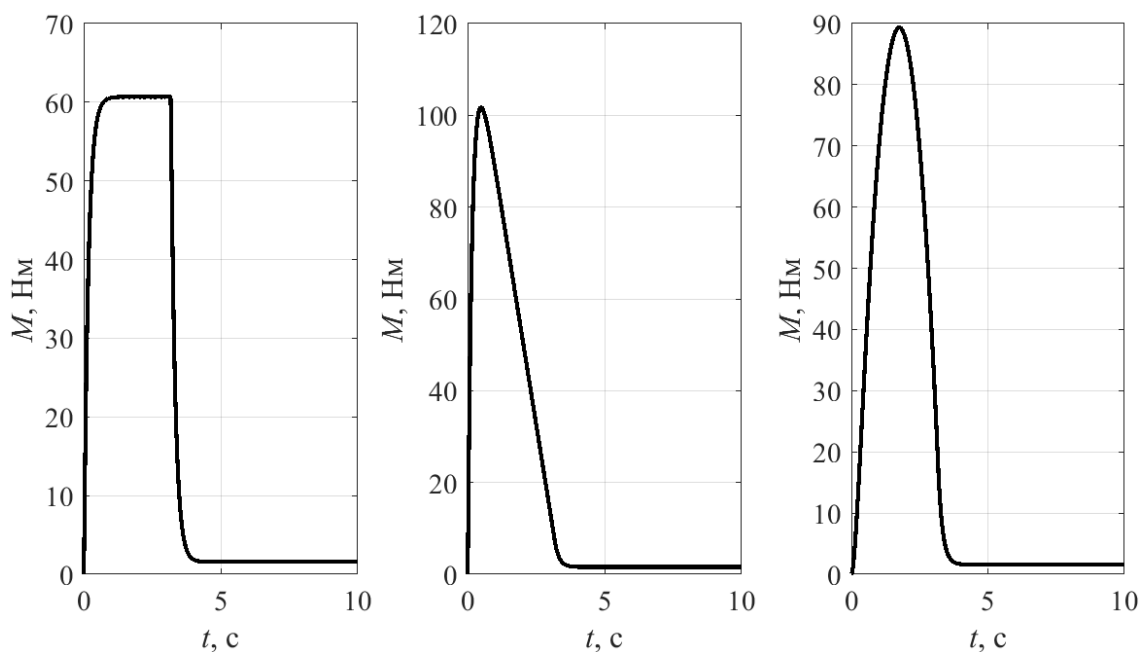


Рисунок 1 – Залежність крутного моменту від часу при різних режимах розгону

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛМАЗНОГО КРУГА ДЛЯ ОБРОБКИ КРИХКИХ МАТЕРІАЛІВ

Козакова Н.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Алмазні круги – високовартісний вид інструмента, тому споживачеві необхідно обґрунтовано підходити до вибору їхніх характеристик для обробки конкретного матеріалу. Запропоновано алгоритм вибору оптимального за характеристиками алмазного круга для шліфування крихких матеріалів (на прикладі обробки синтетичних надтвердих матеріалів), що забезпечує мінімізацію собівартості як самого інструмента, так і здійснюваного ним процесу наступної абразивної обробки. Вихідними даними для цього є: властивості оброблюваного матеріалу і вимоги до шорсткості оброблюваної поверхні. На основі 3D моделювання у програмному пакеті типу CosmosWorks напружено-деформованого стану елементів зони шліфування здійснюється вибір такого сполучення режиму обробки з фактичною площею контакту, при якому в оброблюваному матеріалі руйнівні напруження розповсюджуються лише на глибину поперечної подачі, а максимальні напруження в алмазному зерні займають при цьому найменший об'єм, забезпечуючи одночасно і самозаточування зерен, і мінімізацію їхнього руйнування. Марка зв'язки (модуль пружності) вибирається виходячи з умови створення в її контакті із зерном напруг, близьких до межі її плинності для забезпечення роботи круга у режимі самозаточування. Вибір марки алмазного зерна і його зернистості здійснюється як на вимогу необхідної шорсткості оброблюваної поверхні, так і мінімізації вартості об'ємів зруйнованого алмазного зерна. Концентрація алмазів у крузі розраховується виходячи з умови шліфування з мінімальною висотою зерен над рівнем зв'язки. Далі характеристики круга і відповідний їм режим шліфування перевіряються на брак, який може виникати при обробці даного конкретного матеріалу. У разі появи закритичних напруг поза об'ємом, який складає припуск під обробку, режим шліфування корегується шляхом зменшення поперечної подачі, а зниження концентрації алмазів забезпечує попередньо заданий рівень продуктивності. Уточнені умови шліфування представляють раціональне сполучення режиму шліфування й обґрунтовано визначених характеристик алмазного круга, яке забезпечує високу продуктивність шліфування даного конкретного оброблюваного матеріалу, мінімальний питомий знос (за рахунок правильно підібраної марки алмазного зерна) і витрату (за рахунок вибору раціональної за властивостями марки зв'язки) алмазних зерен круга, мінімальний відсоток браку оброблюваного матеріалу при шліфуванні (за рахунок зниженої концентрації алмазних зерен) і мінімальну собівартість обробки (як за рахунок зниження собівартості самого процесу шліфування, так і за рахунок зниження собівартості алмазного круга).

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАЛОЇ ЖОРСТКОСТІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ОБРАНОЇ СТРАТЕГІЇ

Кононенко С.М., Басова Е.В., Добротворський С.С., Горячев А.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При високошвидкісній фрезерній обробці деталей малої жорсткості, визначення оптимальної стратегії обробки та критеріїв вибору технічних параметрів безпосередньо впливає на відповідність технічним вимогам та, головним чином, на ступінь геометричних відхилень. Основні проблеми в процесі обробки здебільшого зумовлені схильністю деталей малої жорсткості до пружної деформації при зовнішньому силовому впливі.

Відхилення у процесі обробки помітно обмежують продуктивність видалення матеріалу, тому, як правило, проблема відхилень вирішується додатково розробленим оснащенням, пристосуваннями або рішеннями, що, безумовно, підвищують сумарну вартість виробу. Однак, проблему слід розглядати комплексно, і, залежно від технічних вимог до якості поверхні, часто достатнім є впровадження рішень без залучення додаткового оснащення, віддаючи перевагу методам не явного впливу на поверхню деталі малої жорсткості, як оптимізація параметрів режимів різання, вибір інструменту певної геометрії чи використання спеціальної оптимальної стратегії обробки.

З точки зору застосування сучасного обладнання у виробництві, багатокоординатні верстати дозволяють позиціонувати виконавчі органи практично під будь-яким кутом до поверхні обробки.

З точки зору використання можливостей сучасних САЕ середовищ, попередній аналіз дозволяє спрогнозувати ряд фізико-механічних показників в зоні обробки, таких як компоненти реакції сили деформації руйнування за заданими критеріями, величини напружень, температурні показники, що в подальшому дозволяє виконати порівняння класичної та спеціально розробленої оптимальної стратегії обробки.

В роботі розглянуто застосування класичної базової стратегії обробки та спеціальної рядкової стратегії з перекриттям міжрядкових гребінців під кутом до поверхні деталі малої жорсткості.

При аналізі та порівнянні показників сили різання, в залежності від обраної стратегії, важливою є оцінка не тільки сумарної сили, а й її складових компонентів. При обробці деталей малої жорсткості, окремі компоненти сили різання безпосередньо впливають на пружну деформацію деталей малої жорсткості в процесі обробки. Виходячи з отриманих результатів, впровадження спеціальної стратегії, викликало перерозподіл компонентів сили різання у відсотковому співвідношенні в порівнянні з базовою стратегією обробки. Таким чином, компонент сили різання, який впливає на пружну деформацію деталі малої жорсткості, має значно меншу величину, що насамперед, дозволяє вести обробку з меншими відхиленнями.

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕЛЕТ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОБОТИ ТЕРМІНАЛІВ

Костенко О.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

З кожним роком у світі зростає попит на біопаливо (пелети). Зростаючий попит сприяє міжнародній торгівлі, у той час як морські перевезення є основним видом транспортування твердої біомаси. Тому буде доцільно провести багатосторонній аналіз термінальних потужностей для операцій із твердою біомасою. Більшість терміналів адаптовані для перевантаження вугілля, тому для того щоб зрозуміти наскільки вони будуть ефективними для транспортування пелет та сировини для їх виробництва потрібно провести порівняння їх фізичних характеристик із вугіллям.

Таблиця 1 – Порівняння фізичних характеристик
вугілля із пелетами та сировиною для їх виробництва [1]

	ТРІСКА ДЕРЕВИНИ	ПЕЛЕТИ	СУХА БІОМА СА	СУХІ ПЕЛЕТИ	ВУГІЛ ЛЯ
Вміст води (%)	30-60	7-10	3	1-5	5-10
Масова щільність, об'ємна (кг / м ³)	250-400	600-650	230	750-850	800-1000
Питома теплота згоряння (МДж / кг)	6-13	16,2	19,9	19-22	25+
Калорійність (МВт-год / т)	1,7-3,6	4,5	5,5	5,2-6,2	7
Щільність енергії, об'ємна (МВт-год / м ³)	0,7-0,9	3	1,3	4,2-5	5,6-7

Відштовхуючись від цих показників можна зробити наступні висновки. Для перевантаження пелет та тріски можна використовувати теж саме обладнання, що і для вугілля, але при цьому кількість та потужність обладнання мають збільшуватися у три-чотири рази через низьку насипну щільність, для тих же вимог по продуктивності або тоннажу. Через занадто низьку щільність транспортувати сировину не доцільно.

Література:

1. Kiira Harpponen - Torrefied wood pellets as an alternative fuel to coal: Climate benefits and social desirability of production and use, 2011. 21p.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОЛЬОРОВИХ СПЛАВІВ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Завдання підвищення якості металопродукції не може бути успішно вирішене без обмеження негативного впливу шкідливих домішок на властивості сплавів. Найбільш ефективним способом такого обмеження є зменшення вмісту окремих елементів у сплавах залежно від природи останніх.

В алюмінії та його сплавах найбільш шкідливими інгредієнтами є водень і неметалеві включення, у складі яких головним чином міститься оксид Al_2O_3 . Для вторинних сплавів алюмінію стоїть завдання зменшення вмісту в них заліза, натрію, магнію, а також інших елементів і сполук. Під час плавки мідних сплавів відбувається насичення їх воднем та киснем. Сплави на мідній основі мають велику різноманітність хімічних складів, унаслідок чого для окремих класів визначені елементи є легуючими, для інших – шкідливими. Тому особливу трудність становить вибір способу обробки вторинних розплавів із різних відходів, які потрапляють в шихту плавки.

З точки зору підвищення властивостей кольорових сплавів найбільш важливими є етапи виготовлення та обробки їх розплавів. Саме на цих стадіях металургійної переробки можна найбільш ефективно виконати операцію рафінування розплаву від шкідливих та збиткових інгредієнтів. Крім того, для модифікування структури сплаву найпридатнішим є теж рідко фазний стан металу, а якщо операція легування не відбулася під час шихтування, її можна досить ефективно провести при обробці розплаву. За характером дій на розплави кольорових металів можна класифікувати п'ять груп способів: обробка газовими реагентами; вакуумування; обробка твердими та рідкими реагентами; фільтрування; високотемпературні дії. Численність застосовуваних способів викликана значною специфікою плавильного устаткування, великими різницями у складах сплавів та вимогами до їх властивостей, а також наполегливим пошуком нових технічних рішень для підвищення ефективності процесів рафінування, модифікування і легування металів. У жодній із цих класифікаційних груп усі задачі обробки розплавів не вирішуються повністю, тому широке розповсюдження одержують комбіновані способи, в яких поєднуються дві або більше дій.

Великі можливості комбінування дій на металевий розплав має плазмова техніка. Ці можливості виникають завдяки тому, що, використовуючи плазмотрон, можна обробити розплав високотемпературним струмом газу, підігріти, розплавити або випарити флюси та спеціальні домішки. Це приводить всі реагенти у високореакційний фізико-хімічний стан відносно металевого розплаву. Для кольорових металів та сплавів такий метод обробки є особливо привабливим, тому що при відносно низьких температурах розплавів всі реагенти надходять у глибинні шари розплаву без зайвих витрат.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗВАРЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В першій чверті ХХІ ст. сталь залишається основним конструкційним матеріалом. Низьковуглецеві та низьколеговані сталі будуть використовуватись в масових обсягах. Буде поліпшуватися їх якість, механічні властивості і зварюваність за рахунок зменшення шкідливих домішок, пошуку нових систем легування, термічної обробки, підвищення корозійної стійкості в різних середовищах. Випереджуючими темпами будуть створюватись нові типи високоміцних низьколегованих сталей, сталей для конструкцій, які працюють при низьких кліматичних температурах, для криогенної техніки, високолеговані сталі різного призначення.

Подальший розвиток отримають алюмінієві високоміцні сплави, леговані титанові сплави та інші види нових конструкційних матеріалів.

Дугове зварювання як і раніше буде займати головне положення серед багатьох способів зварювання плавленням. Прогрес в створенні та виробництві зварювальних матеріалів буде тісно пов'язаний з тенденціями розвитку конструкційних матеріалів. Основні рішення в галузі створення нових зварювальних матеріалів будуть пов'язані з оптимізацією легування металу шва залежно від структури і властивостей основного металу, пошуком нових шляхів зменшення вмісту водню, азоту та інших шкідливих домішок в металі швів, розробкою ефективних матеріалів і технологій, які дозволять підвищити міцність і пластичність зварних з'єднань, зменшити температуру попереднього підігріву, попередити утворення різних типів тріщин. Буде відбуватися пошук нових шлакових систем сердечників порошкових дротів, електродних покриттів і флюсів.

Будуть удосконалюватись металургійні і зварювально-технологічні властивості електродів, флюсів, дротів суцільного перерізу та порошкових, захисних газів для зменшення пористості, попередження кристалізаційних тріщин, поліпшення провару, форми швів, відокремлення шлакової кірки, стабільності горіння дуги, зменшення розбризкування.

Подальший розвиток отримають математичне і фізичне моделювання основних металургійних процесів дугового зварювання. Будуть створені комп'ютеризовані банки даних і банки знань, експертні системи зі зварювальних матеріалів різного призначення.

В промислово розвинутих країнах буде зменшуватися частка покритих електродів в загальному обсязі виробництва зварювальних матеріалів і збільшиться частка дротів суцільного перерізу для зварювання в захисних газах і особливо порошкових (з флюсовим і порошковим сердечником), частка виробництва зварювальних флюсів збережеться. В країнах, які розвиваються, як і раніше буде використовуватись зварювання покритими електродами.

ВПЛИВ РОЗМІРУ ПАЯЛЬНОГО ПРОМІЖКУ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАЯНОГО З'ЄДНАННЯ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

При високотемпературному паянні розмір паяльного проміжку вибирається в основному з умови капілярності, що забезпечує заповнення зазору розплавленим припоєм. При паянні сталі оптимальними вважають проміжки в межах 0,05-0,2 мм, а для алюмінієвих сплавів – 0,1-0,25 мм. При цьому неприпустимо зменшення або збільшення проміжку в процесі паяння, тому що це призводить до непропаю і зниження механічних властивостей з'єднання. Для забезпечення гарантованих проміжків можна здійснювати рифлення поверхонь, що паяються. Така технологія застосована для паяння телескопічних з'єднань. Розміри деталей вибирають такими, при яких внутрішню деталь вводять із зусиллям у деталь, що її охоплює, зминаючи при цьому гребінці рифлення. Заглиблення рифленої поверхні є надійними капілярними каналами для переміщення припою.

При розробленні технології паяння великогабаритних вузлів кращим є відсутність строгої регламентації розмірів паяльного проміжку. Збирання і паяння деталей будуть суттєво полегшеними, якщо допустимі відхилення розмірів проміжку будуть вимірюватися не сотими і десятими частками міліметра, а його цілими числами. При паянні з великими (0,5-1,5 мм) некапілярними проміжками потрібно створення капілярності в некапілярному проміжку. Для цього вводять у зазор тонкий дріт, сітку або металевий порошок-наповнювач. Більш технологічним є застосування порошкового наповнювача.

Причиною незначного застосування паяння з великими проміжками є не відсутність капілярності, а неоднорідність структури металу паяних швів. При кристалізації тугоплавка складова припою кристалізується першою на основному металі, а легкоплавка, менш міцна, кристалізується в центральній зоні шва, обумовлюючи істотне зниження механічних властивостей з'єднання. Введення наповнювача в проміжок може змінити структуру шва, зокрема, усунути утворення дендритів і ліквацийної зони. Однак зі збільшенням вмісту наповнювача знижується міцність, тому вважається, що при просоченні спеченого кістяка з наповнювача утворюється пористість у вигляді замкнених порожнин з газом. Уникнути такої пористості можна, якщо наповнювач буде переміщатися в проміжок разом з розплавленим припоєм у процесі паяння. Однак в'язка течія суміші порошку і припою можлива при кількості наповнювача не більше 25%. При такому співвідношенні припою і наповнювача структурна неоднорідність металу шва зменшується, але не усувається. Таким чином, попереднє заповнення проміжку наповнювачем і організація його просочення розплавом припою виключає утворення газової пористості і може бути методом суттєвого підвищення якості паяного з'єднання.

ОСОБЛИВОСТІ ЦИКЛІВ ЖИТТЯ ТОВАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ В РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ПРОМИСЛОВОСТІ

Крижний Г.К., Норик Е.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуто питання особливостей циклів життя товарної продукції та їх взаємозв'язків в різних галузях промисловості. Під продуктом в загальному випадку ми маємо на увазі матеріальний або нематеріальний результат людської праці - предмет, послуга, науковий результат і т. д.

Розробка нового продукту, освоєння його виробництва і реалізації є інвестиційний проект, під яким розуміється комплекс взаємопов'язаних заходів, які необхідно виконати для досягнення певної мети в певний період часу і при встановлених ресурсних обмеженнях. Проектом може бути будівництво виробничого комплексу, розробка військової техніки, будівництво моста, розробка і освоєння виробництва нового локомотива або вагона, нового корабля, нового літака, нового комп'ютера або нового смартфона. Потім продукція передається споживачеві і він певний час її експлуатує, отримуючи прибуток.

Для інших продуктів конкретне наповнення фаз проекту: створення продукту і його експлуатація будуть другими. Наприклад, на початок виходу на ринок з новим харчовим продуктом підприємство повинне пройти етапи вивчення ринку, розробити концепцію нового продукту, його рецептуру, освоїти його масове виробництво, організувати канали розподілення, при зниженні попиту зупинити виробництво. Ті ж етапи, що і в циклі життя машинобудівного товару. Втім потрібно замітити, що аналогічним є перший етап цього циклу – виробництво виробів. А другий етап практично відсутній, оскільки продукт є разового використання.

Але проектом може бути і послуга: надання нової транспортної послуги. Оскільки переміщення відбувається без зміни властивостей вантажу, то в даному випадку це буде чисто логістична операція. Отже, особливістю даного процесу трансформації є те, що над об'єктом трансформації, тобто вантажем, не проводиться інших дій, крім переміщення його в просторі, при цьому спеціально обмовляється незмінність його властивостей. Перший період циклу життя виробу, тобто, його виготовлення, важливий тим, що в ньому створюється споживча цінність виробу, створюється його рівень якості і протікає він на підприємстві-виробнику. В даному випадку цим підприємством є і залізниця. Вона приймає участь у здійсненні життєвого циклу вантажів, що перевозяться, підвищуючи споживчу цінність для замовника, змінюючи їх розташування. Наприклад, для машинобудівників металообробний верстат буде значно ціннішим на своєму підприємстві, ніж в іншому місті на заводі-виробнику.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛОН СТАТОРА НА СТРУКТУРУ ПОТОКУ В ПІДВОДІ ОСЬОВОЇ ГІДРОТУРБІНИ

Крупа Є.С., Колесніченко Є.О., Філіппова В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Основна задача гідромеханічного розрахунку гідротурбіни в тому, щоб правильно і раціонально спроектувати її проточну частину, яка, в першу чергу, повинна забезпечити отримання необхідної потужності при найменших габаритах і високих енергетичних і кавітаційних показниках турбіни. Рішення даної задачі пов'язане із забезпеченням мінімальних втрат в елементах проточної частини для заданих приведених параметрів оптимального режиму.

Для вирішення всіх перерахованих питань необхідне моделювання робочого процесу гідротурбіни. З цієї причини розвиток розрахункових методів дослідження робочого процесу і прогнозування енергетичних характеристик є однією з основних задач теорії гідротурбін.

У даній роботі для чисельного дослідження потоку в підводі (спіральна камера (СК) та статор) гідротурбіни ПЛ20 було використано програмний комплекс OpenFOAM. Програмний комплекс OpenFOAM в даний час широко використовується для вирішення прикладних задач гідрогазодинаміки.

Проведено чисельний експеримент для трьох модифікацій колон статора.

На основі даного аналізу було вибрано найкращий варіант підводу з мінімальними втратами та найкращою картиною течії в проточній частині.

Перша модифікація була виконана із заздалегідь не вірним для такого типу СК розміщенням і формою колон статора. В результаті розрахунку було виявлено суттєві зони відриву потоку, які негативно впливають на гідродинамічні характеристики підводу.

Друга модифікація колон була побудована згідно рекомендацій, прийнятих в гідротурбобудуванні, з колонами від'ємної кривизни та різної форми у відкритій частині СК. Результати розрахунку показали значне покращення картини течії та зменшення гідравлічних втрат у порівнянні з першою модифікацією.

В третій модифікації було змінено геометрію трьох колон, що дещо покращило картину течії та привело до зменшення гідравлічних втрат у підводі.

Прорахувавши три модифікації підводу, зроблено висновок, що кращим варіантом є третя модифікація, як по картині течії, так і по мінімальним гідравлічним втратам у підводі.

Таким чином, програмні комплекси CFD можна успішно використовувати для чисельного моделювання потоку у підводі гідротурбін, подальшої оптимізації геометрії колон статора та їх вплив на картину течії перед лопатками направляючого апарату.

МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ У ВІДСМОКТУЮЧІЙ ТРУБІ РО ГІДРОТУРБИНИ

Кухтенков Ю.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Вібрації у проточній частині жорстколопатевої гідротурбіни суттєво залежать від пульсацій тиску (ПТ), які обумовлені рухом вихрових джгутів (ВД) за робочими колесами у відсмоктуючих трубах (ВТ) радіально-осьових гідротурбін. Силова взаємодія вихорів з елементами проточного тракту може призвести до серйозних аварій. Зменшення низькочастотних ПТ є актуальною задачею, так як сприяє підвищенню надійності і збільшенню потужності гідроагрегатів. Чисельне дослідження робочого процесу в проточних частинах гідротурбін за допомогою сучасних обчислювальних програмних комплексів є важливою задачею в енергомашинобудуванні. Застосування чисельного моделювання надзвичайно розширює можливості аналізу впливу геометричних та кінематичних параметрів ВД у ВТ радіально-осьових гідротурбін на пульсаційні характеристики.

Метою роботи було порівняння сучасних методик розрахунку низькочастотних джгутових ПТ у ВТ з експериментом. У більшості ці вихрові джгути мають складну просторову гвинтову форму, тому для розрахунку ПТ треба використовувати просторові математичні моделі. Це можуть бути сучасні пакети прикладних програм гідродинаміки, які вирішують завдання механіки суцільного середовища і використовують рівняння Рейнольдса. Процес вирішення завдань в цьому випадку здійснюється за допомогою пакету прикладних програм CFD, що включає етапи: створення тривимірної моделі розглянутого об'єкта за допомогою системи САПР; побудова розрахункової сітки; вибір математичної моделі турбулентності; завдання граничних умов. З іншого боку, це можуть бути простіші моделі для нев'язкої рідини, що розглядаються у квазістаціонарній постановці. Наприклад, коли стінка ВТ моделюється вихровою поверхнею, що складається з тонких вихрових шнурів змінної інтенсивності, що мають форму спіралі. Швидкості, що індуковані джгутами, розраховуються за формулами Кочіна М.Є; швидкості, що індуковані вихровою поверхнею визначаються з граничних умов з рішення рівняння Фредгольма, а амплітуди ПТ визначаються на основі інтеграла Бернуллі.

У першому випадку для виконання задачі потрібні значні ресурси машинного часу, а похибка при розрахунку амплітуд пульсацій тиску становить до 10% в порівнянні з експериментальними даними, у другому – 15-20% при меншому часі розрахунків. Результати розрахунків джгутових ПТ використовуються в розрахунках на міцність елементів проточної частини гідротурбіни з великими запасами по коефіцієнтам міцності, тому можливе використання в прогнозних розрахунках джгутових ПТ і більш простих моделей.

СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА РУХУ ПРОДУКЦІЇ НА СКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА

Лукашов А.С., Лукашов Є.С., Варченко І.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Сучасні тенденції проектування в епоху Industry 4.0 спрямовані на реалізацію проекту в 3-х мірному віртуальному просторі. Саме віртуальна модель на перших етапах побудови дозволяє попередньо візуально оцінити об'єкт проектування та в подальшому уникнути помилок на етапі реального впровадження проекту.

У сучасних тенденціях модельного проектування логістичних операцій, досить ефективно використовується програмний комплекс AnyLogic, який дозволяє створювати повну модель логістичних операцій транспортування, виробництва, переробки, та розміщення продукції.

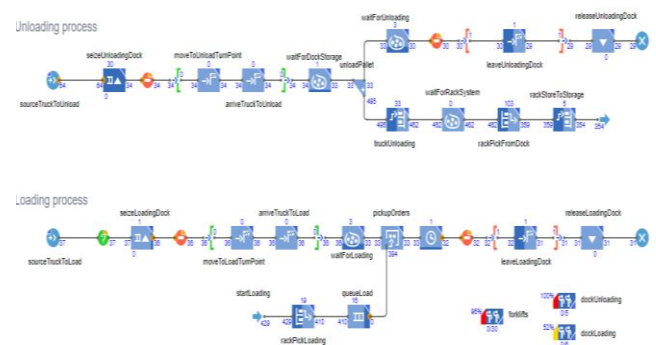


Рисунок 1 – Візуальна побудова моделі в AnyLogic

Реалізація візуальної моделі можлива завдяки наявності безкоштовної, спеціально спроектованої для навчання студентів версії AnyLogic. У даній роботі наші наукові інтереси зводяться до створення цифрового двійника руху продукції на складі підприємства ТОВ «Вертикаль».

Дана модель дозволить виявити найбільш завантажені ділянки складу, а також ті, які простоюють. Це дозволить в подальшому модернізувати найбільш проблемні ділянки. Головне завдання нашої роботи – знизити час на транспортування, переробку та ідентифікацію продукції на складі.

Література:

1. Каталевский, Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. 496 с., ил.
2. Grigoryev I. AnyLogic in Three Days: Modeling and Simulation 2020. 273 p.
3. Ivanov, D. The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod modeling with AnyLogic 6. AnyLogic North America 2013. 218 p.

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ CAD СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ БІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБЧАТИХ КОЛЕС

Мироненко О.Л., Мироненко С.О.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Підвищення продуктивності та розширення номенклатури продукції, що випускається, вимагає подальшого зростання автоматизації підготовчої стадії виготовлення продукції. Рішенням даної проблеми можуть служити розроблені із застосуванням ООП бібліотеки на базі фундаментальних методів диференціальної геометрії.

Особливістю проектування зубчастих передач є спільне проектування і подальше виготовлення зубчастої пари та формотворного інструменту. Алгоритм створення 3D моделей в CAD системах заснований на 2D об'єктах, їх кінематиці та булевих операціях. Такий підхід не враховує об'ємний характер контакту формотворного і формоутвореного об'єктів. Це несе істотні обмеження при проектуванні інструменту, що рухається по криволінійній траєкторії або інструменту з масивом передніх і задніх поверхонь при їх одночасній участі в процесі обробки. [1]. Це може спостерігатися при моделюванні методу обкатки для формування бічних поверхонь зубів, наприклад, довбляком, черв'ячною фрезою або зуборізною головкою.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є створення прикладних бібліотек і імплементація їх в графічні системи. Математичним базисом може послужити теорія афінної перетворення простору [2], розроблена проф. НТУ «ХПІ» Б.А. Перепелицею, що дозволяє отримувати однорідні рівняння складних геометричних тіл при їх взаємній кінематиці.

Перевагою даної теорії можна вважати можливість моделювання поверхні деталі по поверхні інструменту при його відносному руху або розрахувати необхідний інструмент, виходячи з профілю деталі, тобто вирішувати пряму і обернену задачі формоутворення.

Пропонується створити бібліотеку з застосуванням алгоритмічної мови C++ і впровадити її через API інтерфейс в CAD систему високого рівня, що дозволить поєднати розширення можливостей моделювання і відображення отриманих результатів.

Попередні результати підтвердили можливість вирішувати задачі запропонованим методом. Було отримано параметричні моделі циліндричних прямозубих коліс, на базі яких виконано приватні рішення і проведено аналітичні дослідження інтерференції та зазорів поверхонь.

Література:

1. Шаламов В.Г. Теория проектирования режущего инструмента: Текст лекций. – Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2003. – 156 с.
2. Перепелица. Б.А. Отображения аффинного пространства в теории формообразования поверхностей резанием. – Харьков: Выща шк., 1981. – 152 с.

ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОТУРБИНИ ТИПУ РОЗ10 З ВИСОКИМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Миронов К.А., Колесніченко Є.О., Філіппова В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В процесі розробки гідротурбіни доводиться вирішувати цілий комплекс завдань, головною з яких є завдання проектування елементів проточної частини (ПЧ) гідротурбіни, які забезпечують отримання необхідної потужності при найменших габаритах і високих енергетичних і кавітаційних показниках турбіни.

Рішення вказаної задачі пов'язане із забезпеченням бажаних наведених параметрів оптимального режиму, тобто значень наведених обертів і наведеної витрати, при яких має місце максимальне значення ККД. В даний час максимальне значення ККД гідротурбін досягло високого рівня за даними модельних випробувань $\eta_{\max} = 0,925\text{--}0,945$. При цьому необхідно отримати для заданих умов роботи хороші кавітаційні показники, при яких буде відсутня розвинена кавітація на всіх робочих режимах гідротурбіни. Також необхідно, щоб робоче колесо мало хороші енергетичні, пульсаційні та ерозійні показники, що забезпечить більш триваліший термін роботи гідротурбіни.

Течія в ПЧ гідромашини характеризується турбулентністю і описується рівняннями усередненого турбулентного руху (рівняннями Рейнольдса) і рівнянням нерозривності. Система рівнянь турбулентного руху є незамкненою. Проблема замикання цих рівнянь не отримала досі досить ефективного вирішення і вимагає в кожному окремому випадку введення додаткових припущень. В даний час методи розрахунку просторового потоку в'язкої нестисливої рідини інтенсивно розвиваються, та широкого застосовуються в інженерній практиці.

Але складнощі теоретичної постановки завдання поряд зі складністю самих рівнянь надзвичайно ускладнюють задачу чисельного дослідження, тому в даний роботі для розрахунку потоку використовувались наближені моделі течії.

Енергетичні характеристики гідротурбіни дозволяють оцінювати роботу машини в цілому. Інформацію про енергетичні якості окремих елементів ПЧ надає енергетичний баланс. Дані енергетичного балансу можливо використовувати для узгодження елементів ПЧ, а також для підвищення рівня ККД.

У роботі розглянуто питання проектування ПЧ гідротурбіни типу РОЗ10. Було проведено чисельне дослідження спроектованої ПЧ за допомогою програм, які розроблено на кафедрі «Гідравлічні машини». Отримано енергетичні параметри ПЧ гідротурбіни, побудовано баланс втрат енергії на оптимальному режимі. Також для зменшення втрат енергії запропоновано провести модернізацію робочого колеса, що дасть можливість збільшити ККД гідротурбіни на 1,5%.

ДЕЯКІ ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО БАГАТОДИСЦИПЛІНАРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН

Назаренко С. О., Ткачук М. А., Марусенко С. І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Інтенсифікація робочих процесів, ускладнення конструктивних форм, застосування нових матеріалів і технологій, створення цифрових моделей прототипів і проведення віртуальних випробувань виробництва і експлуатації машин зумовлюють потребу у розв'язку багатодисциплінарних задач оптимального проектування конкурентоспроможної техніки [1, 2]. Складність і суперечливість критеріїв (multi-criteria), велика кількість різнохарактерних змінних проектування, неможливість формалізувати деякі обмеження, різна точність, детермінованість і нелінійність різноманітних моделей станів, вимоги уніфікації не дозволяють розв'язати математично строго задачу оптимізації параметрів безпосередньо для багатoelementних конструкцій машин.

Основною концепцією оптимального проектування у подібних випадках є багаторівневий ієрархічний підхід. Проектування у даному випадку виконується зверху вниз. Процес декомпозиції моделі на компоненти є творчим процесом, який важко формалізується. Тому побудова системи рівнів здійснюється зазвичай методом експертних оцінок. На нижніх рівнях проектування розв'язуються задачі оптимізації різнорідних специфічних технічних критеріїв компонентів, які відображають особистості їх робочого процесу, силового навантаження, температурного режиму, технології виготовлення тощо, на верхньому – економічні характеристики конструкції у цілому.

Процес оптимального проектування основних вузлів машин розкладається на етапи. Відповідно, конструктивні параметри штучно поділяються на групи, варійовані на кожному етапі з метою оптимізації відповідних функціоналів. Моделювання структурними рівняннями, орієнтованими на конкретний клас об'єктів, може включати велику кількість методів із різних областей із застосуванням апробованих CAD/CAM/CAE–систем. Розроблені підходи, моделі і методи, реалізовані у єдиному інформаційному просторі життєвого циклу машин, мають свої області застосування. У процесі досліджень доцільно використовувати як бази різні методи (або їх поєднання) із деякої доступної їх множини.

Література:

1. Назаренко С. А. Математические модели мультифизического анализа конструкций для CALS технологий. Вісник НТУ "ХПІ". Сер.: Динаміка і міцність машин. Харків: НТУ "ХПІ". 2008. № 47. С. 125-132.
2. Назаренко С. А. Задачи оптимизации многокомпонентных тел неоднородной структуры. Вісник НТУ "ХПІ". Сер.: Динаміка і міцність машин. Харків: НТУ "ХПІ". 2015. № 57 (1166). С. 87–90.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ РУХОМ ВІЗКА КАБЕЛЬНОГО КРАНА

Окунь А.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При побудові алгоритму керування кабельним краном застосовуються фазові траєкторії з використанням рівнянь полюсів відповідних передавальних функцій. Враховуючи те, що режими руху різних кабельних кранів записуються в тих самих параметрах, проводиться порівняльний аналіз коефіцієнтів цих рівнянь. Наводиться чисельна оцінка коефіцієнтів рівняння полюсів на підставі даних літературних джерел, що відповідають реально діючим моделям кабельних кранів.

Розглядається задача оптимального за швидкістю переміщення вантажу на гнучкому підвісі на задану відстань з демпфіруванням коливань для кабельного крана. Передбачається, що швидкість переміщення вантажного візка обмежена і може змінюватися безінерційно (практично миттєво). Число перемикачів обмежено і визначається точками перетинів відповідних фазових траєкторій.

Поставлену задачу прийнято вирішувати [1, 2, 3] виходячи із запису рівнянь руху вантажного візка з вантажем на гнучкому підвісі у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь з початковими умовами, які визначаються для кожного моменту перемикачів, тобто для кожної загальної точки фазових траєкторій. Знаходження відповідних початкових умов спрощується, якщо використовувати відображення рівнянь руху в простір Лапласа. Але залишається ще одна складність: задача оптимального керування вирішується для кожного конкретного крана. При цьому втрачається загальне представлення про структуру керування. Ця складність може бути зменшена, якщо використовувати критеріальні комплекси [1].

Для побудови алгоритму керування системою “візок – вантаж” передбачається застосування фазових траєкторій з використанням рівнянь полюсів відповідних передавальних функцій. У дослідженні проводиться порівняльний аналіз коефіцієнтів цих рівнянь. Було розглянуто один з режимів руху крана.

Рівняння полюсів передавальної функції мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} (p^4 + b_{11}^+ p^2 + b_{12}) + a_4 (p^2 + b_{21}) p &= 0 \\ (p^4 + b_{11}^- p^2 - b_{12}) + a_4 (-p^2 + b_{21}) p &= 0 \end{aligned} \right\},$$

Література:

1. Критерии подобия для кабельных кранов в задаче оптимального управления движением / Е.В. Михеева // Механіка та машинобудування. 1997. №1. С. 138-143.
2. Кабельные краны/ Г.Г. Куйбида. М.: Машиностроение, 1989. 288 с.
3. Оптимальне керування рухом механізмів вантажопідіймних машин: навч. посібник / О.В. Григоров, В.С. Ловейкін. К.: ІЗМН, 1997. 264 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДАХ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ НАСОСІВ ІЗ РЕГУЛЬОВАНОЮ ПОДАЧЕЮ РОБОЧОЇ РІДИНИ

Онищенко А.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут» м. Харків*

Сучасний розвиток у різних галузях техніки іде шляхом енергозбереження й зменшення викидів діоксиду вуглецю та інших парникових газів. Об'ємні гідравлічні приводи в цьому плані не є виключенням. Традиційно в об'ємних гідравлічних приводах використовується два основних способи регулювання швидкості руху виконавчих механізмів – дросельний та об'ємний [1, 2 та ін.]. До останнього часу дросельний був більш розповсюджений через дешевизну компонентів гідравлічної схеми. Проте при дросельному регулюванні значна частина робочої рідини під тиском через переливний клапан зливається в бак. При цьому корисна потужність насоса перетворюється в непродуктивну теплову енергію, а також вимагає додаткових заходів на охолодження робочої рідини.

Об'ємний же спосіб регулювання подачі робочої рідини вимагає дорогих насосів із регульованим робочим об'ємом, однак значно зменшує непродуктивну витрату робочої рідини. Тому враховуючи сучасні пріоритети в енергозбереженні він є кращим. Основний недолік насосів із регулюванню подачею – їх висока вартість може бути усунена шляхом розробки вітчизняних сучасних електрогідравлічних клапанів, тому що зараз ця елементна база імпортується та дуже вартісна. Як перспективну вітчизняну розробку можна назвати багатофункціональний пропорційний електрогідравлічний перетворювач [3, 4 та ін.]. Цей тип клапанів – пропорційних перетворювачів електричних сигналів в регульований тиск робочої рідини може вироблятися у вигляді типорозмірного ряду придатний для регулювання подачі насосів із широким діапазоном робочих об'ємів та різних типів. Для насосів із великим робочим об'ємом вказаний перетворювач [3, 4 та ін.] також може бути використаний у складі мехатронних модулів [5]. Перетворювач [3, 4 та ін.] може бути використаний у складі гідроприводів мобільних машин [6] де питання енергозбереження особливо актуальні.

Література:

1. Свешников В. К., Усов А. А. Станочные гидроприводы: Справочник. –2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1988.
2. Башта Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем: Учебник для ВУЗов. М.: Машиностроение, 1974.
3. Сковорчевський О. Є. Галузі застосування багатофункціональних пропорційних електрогідравлічних перетворювачів. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, 2007. № 3 (109), ч. 2. С. 140-145.
4. Сковорчевський О. Є. Математичне моделювання статичних робочих процесів електрогідравлічних перетворювачів нормально-закритого типу. Вісник НТУ «ХПІ»: Нові рішення у сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ», 2011. № 45, С. 48–54.
5. Сковорчевський О. Є. Підвищення динамічних характеристик мехатронних модулів поступального руху. Промислова гідраліка і пневматика : матеріали 26-ї міжнар. наук.-техн. конф. АС ПГП, 14-16 жовтня 2015 р., м. Суми. Вінниця : ГЛОБУС-ПРЕС, 2015. С. 96.
6. Skvorchevsky A. Y. Modern requirements for electrohydraulic drives of combat and civilian vehicles Гідроаеромеханіка в інженерній практиці = Hydroaeromechanics in engineering practice : матеріали 21-ї міжнар. наук.-техн. конф., 24-27 травня 2016 р. Київ : [б. и.], 2016. С. 131-134.

ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ПРИВОДУ В МЕХАНІЗМАХ КРАНІВ

Петренко Н.О., Дем'яненко А.Ю., Нагорський В.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Нерідко простої кранів пов'язані з виходом з ладу механізмів крана. На більшості мостових, козлових і баштових кранів в наступний час використовується електромеханічний привод, який складається з електродвигуна з фазовим ротором, редуктора, гальма, з'єднувальних муфт. Перемикання швидкості у даних приводах здійснюється ступінчасте, супроводжується виникненням динамічних навантажень, які негативно впливають як на приводи, металоконструкцію крана, так і на самопочуття кранівника. Крім того, електрообладнання цих приводів громіздке.

На кафедрі ПТМ і О НТУ «ХПІ» є позитивний досвід упровадження гідродинамічного привода на різних механізмах мостових, баштових та порталних кранів.

У гідродинамічному приводі замість електродвигуна з фазовим ротором використовується електродвигун з короткозамкненим ротором загальнопромислової серії і гідромуфта. Такий привод надійний, простий за конструкцією, має невеликі габарити і невисоку вартість.

Гідродинамічний привод є хорошим демпфером крутильних коливань в механізмах кранів, попереджає пробуксовку при розгоні і гальмуванні ходових коліс, гасить надмірне розгойдування вантажу, створює передумови для усунення надмірних перекосів моста крана.

Такий привід забезпечує автоматичний плавний пуск і гальмування, що сприяє зменшенню динамічних навантажень в металевій конструкції мінімум на 10 %, сприяє зменшенню розкачування вантажу на 5-7 %. Крім того, шляхом імпульсивного керування електродвигуном, можливо отримати малу наводочну швидкість для точної посадки вантажу, що сприяє збільшенню продуктивності монтажних робіт.

Застосування гідродинамічного привода є ефективним способом збільшення допустимої кількості циклів навантажень зварних з'єднань кранових металоконструкцій. Зменшення еквівалентного напруження циклу навіть на 10% може збільшити кількість допустимих циклів навантаження щонайменше в 1,7 разів.

Складність широкого упровадження цих приводів є відсутність серійно випускаємих гідромуфт потрібних типорозмірів.

Література:

1. Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – 304 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ШЛІФУВАННЯ ВИРОБІВ ІЗ СИНТЕТИЧНИХ ПОЛІКРИСТАЛІВ АЛМАЗУ

Пижов І.М., Волошкіна І.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Унікальні фізико механічні властивості синтетичних полікристалічних алмазів (СПА) визначили їх широке застосування при виготовленні лезових інструментів та інших виробів для різних галузей промисловості.

На сьогоднішній день використовуються два основних метода обробки СПА: 1 – шліфування алмазними кругами на органічних та керамічних зв'язках в режимі їх самозаточування; 2 – шліфування алмазними кругами на міцних металічних зв'язках з використанням комбінованих методів обробки.

Одним із шляхів підвищення ефективності зазначених технологій обробки СПА слід вважати їх удосконалення. Так, враховуючи те, що при реалізації першого способу обробки шліфуванням має місце підвищений відсоток браку пов'язаний з тим, що в умовах, коли оброблювальний матеріал та матеріал, що оброблює, мають практично однакову мікротвердість процес самозаточування реалізується при достатньо високому рівні силової напруженості. Тому в умовах, коли алмаз виходить за межі робочої поверхні круга, у наслідок значних пружних деформацій поперечна подача збільшується, що призводить до ударів при зустрічі алмазу з кромкою шліфувального круга. Це часто призводить до появи сколів на алмазі, заваленню кромки круга та нерівномірного зносу його робочої поверхні. На базі теоретичних міркувань та врахування практичного досвіду в області обробки СПА нами був запропонований спосіб шліфування, який усуває зазначені вище недоліки (патент України на корисну модель № 146480). Він базується на використанні раціональної організації здійснення подовжньої та поперечної подач при шліфуванні.

При реалізації другого способу обробки шліфуванням одним з його технологічних резервів його є раціональне використання переваг регулювання інтенсивності електролітичного видалення зв'язки струмопровідного алмазного круга (патент України на корисну модель № 146479) як за рахунок зміни величини міжелектродного зазору між робочою поверхнею алмазного круга та автономним катодом при постійному значенні напруги в електричному ланцюгу, так і зміни напруги при постійному значенні міжелектродного зазору. Позитивний технічний результат полягає в тому, що при нерухомому катоді забезпечується стабільність протікання електрофізикохімічних явищ в ньому, що позитивно впливає на стан макро- та мікропрофілю робочої поверхні алмазного круга. А це сприяє зниженню питомих витрат алмазних зерен та забезпеченню стабільної якості обробки в цілому. Природно, що це тільки одні з можливих шляхів удосконалення існуючих процесів шліфування виробів на основі синтетичного алмазу.

ФІНІШНА ОБРОБКА ПОВЕРХНІ НАДТВЕРДИХ ПОЛІКРИСТАЛІВ ІНСТРУМЕНТОМ З АЛМАЗОПОДІБНИМ ПОКРИТТЯМ

Пупань Л. І., Власенко А. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Основна сфера використання полікристалічних надтвердих матеріалів (ПНТМ) на основі синтетичного алмазу і кубічного нітриду бору – створення різального інструменту для виготовлення виробів з широкого кола матеріалів (кольорових металів і сплавів, кераміки, пластмас) в різних галузях машинобудування – верстатобудуванні, автомобільному та сільськогосподарському машинобудуванні, авіабудуванні.

В роботі досліджено особливості фінішної обробки надтвердих полікристалів інструментом з алмазоподібним покриттям, що сприяє підвищенню експлуатаційних властивостей різального інструменту з ПНТМ. Порівняно з традиційною обробкою ПНТМ шліфуванням алмазними кругами стають також можливими економія дорогих надтвердих обробляючих матеріалів та обробка поверхонь великих геометричних розмірів.

Алмазоподібне покриття завтовшки 10 ... 20 мкм наносилось вакуумним іонно-плазмовим методом (PVD-технологія) шляхом катодного розпилення графіту і конденсації вуглецевої плазми імпульсним потоком в вакуумі на поверхню підкладки – диска зі сталі 14ХНЗМА-ВД діаметром 80 мм з попередньо науглецьованим шаром.

Механічні властивості і структура покриття аналізувались методом вимірювання мікротвердості (ПМТ-3, піраміда Кнупа), а також методом скануючої електронної мікроскопії (JEOLJSM-840).

Встановлено, що в початковому стані покриття має квазіаморфну структуру з одиничними кристалічними включеннями розміром $\sim 0,1 \dots 0,5$ мкм і середнє за поверхнею значення мікротвердості $H_\mu = 81,8$ ГПА, порівнянне з величиною твердості синтетичного алмазу.

При фінішній обробці ПНТМ на основі алмазу і нітриду бору внаслідок розвитку достатньо високих локальних температур та тиску в покритті відбуваються структурні зміни, що насамперед полягають у збільшенні розміру включень кристалічної фази (до 1,0 ... 1,5 мкм) і зростанні їх відносної кількості.

Це відіграє позитивну роль, відкриваючи можливість застосування композиції підкладка-алмазоподібне покриття для фінішної обробки ПНТМ. Окремі кристали виконують роль субмікрокромок, що сприяє підвищенню ефективності обробки та забезпечує високу якість обробленої поверхні.

Використання інструменту з алмазоподібним покриттям для фінішної обробки полікристалів на основі алмазу показало істотне зниження шорсткості поверхні ПНТМ порівняно з вихідним станом – після обробки шліфуванням ($R_a^{\text{шліф.}} = 0,57$ мкм, $R_a^{\text{фін.}} = 0,08$ мкм), а також зменшення шорсткості порівняно з чистовим шліфуванням ($R_a^{\text{чист. шліф.}} = 0,10$ мкм, $R_a^{\text{фін.}} = 0,08$ мкм).

ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СИСТЕМИ «АЛМАЗНИЙ ВИГЛАДЖУВАЧ – ОБРОБЛЮВАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ»

Рязанова-Хитровська Н.В., Пижов І.М.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Основними параметрами процесу вигладжування, що впливають на шорсткість і продуктивність обробки, є: напружений стан в зоні контакту інструменту з оброблюваною поверхнею, швидкість деформування і кратність додатка навантаження до кожної точки оброблюваної поверхні [1]. Напружений стан в зоні контакту може бути охарактеризований середнім тиском на площі контакту і визначається механічними властивостями оброблюваного матеріалу, розміром робочої частини інструменту і глибиною його заглиблення в оброблювану поверхню (або доданою до нього силою).

На утворення мікропрофілю вигладжуючої поверхні впливають такі фактори як твердість вигладжують матеріалу, його здатність до зміцнення, вихідна шорсткість, радіус інструменту, поздовжня подача інструменту, зусилля і швидкість вигладжування, що використовується число проходів. При цьому основними параметрами процесу алмазного вигладжування є форма і величина радіуса робочої частини алмазного інструменту, зусилля обробки, подача, і швидкість [2]. Величини цих параметрів при виконанні дослідження брали як з урахуванням рекомендацій [1, 3], так і за результатами виконаної раніше оптимізації параметрів алмазного вигладжування досліджуваних поверхонь [2].

Складність процесу алмазного вигладжування вимагає значних обчислювальних ресурсів. Для перевірки результатів моделювання необхідна велика кількість експериментів, можливість яких обмежена сьогодинішніми методами вимірювань, які не дозволяють встановлювати закони поведінки матеріалу при варіюванні великого числа параметрів. Сучасні комп'ютерні комерційні програмні продукти: ADVENT EDGE, LS-DYNA, ABAQUS, DEFORM, MARC, Third Wave Advantedge та ін. За останні роки з'явилися окремі публікації вітчизняних авторів щодо використання цих програмних продуктів при вирішенні задачі моделювання та дослідження процесу різання [4, 5 та інші].

В цілому, аналізуючи наявні джерела інформації, можна відзначити, що як і раніше залишається не до кінця зрозумілою ступінь впливу основних параметрів процесу вигладжування на формування специфічного напружено-деформованого стану матеріалу в приповерхневих шарах оброблюваної поверхні.

Література:

1. Торбило В. М. Алмазное выглаживание: монография. Москва : «Машиностроение», 1972. 105 с.
2. Скобло Т.С. Оптимизация параметров алмазного выглаживания деталей восстанавливаемых наплавкой. / Скобло Т.С. и др. *Физические и компьютерные технологии. Труды 18-й межд. научн.-техн. конф.* – Харьков : НПК «ФЭД». 2012.
3. Башков Г.П. Выглаживание восстановленных деталей / Башков Г.П. Москва: Машиностроение, 1979. – 80 с.
4. Grocha D., Berczy S., Grz Z. Modeling of burnishing thermally toughened X42CrMo4 steel with a ceramic ZrO₂ ball. *Science Direct*. 2017. Vol. 7. P. 2–9.
5. Grochała D., Berczynski S., Grządziel Z. Modeling of burnishing thermally toughened X42CrMo4 steel with a ceramic ZrO₂ ball. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2017. Vol. 17. Issue 4. P. 1011–1018.

ОРГАНІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ДАНИХ НАТО CALS

Скворчевський О.Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В останні роки в Україні стрімко виріс інтерес науково-технічної спільноти до концепції Continuous Acquisition and Lifecycle Support (CALS-концепції) [1-3 та ін.]. Вона охоплює широке коло питань супроводження життєвих циклів високотехнологічної машинобудівної продукції.

Метою даної доповіді є подальше висвітлення питань створення баз даних, що генеруються зразками високотехнологічної машинобудівної продукції протягом усього їх життєвого циклу.

Важливою передумовою раціональної організації баз даних є наявність моделі даних, яка є абстрактним, самодостатнім, логічним визначенням об'єктів, операторів і інших елементів, в сукупності складаючи абстрактну машину доступу до даних, з якою взаємодіє користувач. Ці об'єкти дозволяють моделювати структуру даних, а оператори – поведінку даних [4].

Модель даних NATO CALS (NCDM) – це формальний опис даних, необхідних для підтримки процесу логістики придбання та використання високотехнологічних машинобудівних продуктів. Мета NCDM полягає в тому, щоб підтримати інформацію, яка затребується, використовується або генерується учасниками життєвого циклу продукту [5].

В даний час модель даних включає п'ять схем, що охоплюють такі області:

- Структура продукту, функціональна розбивка (Product Structure, Functional Breakdown) (CoreModel);
- Аналіз відмов (аномалії) (Failure Analysis (Anomaly));
- Опис завдань (Завдання) (Task Descriptions (Task));
- Технічна документація (Technical Documentation (InfoObj));
- Аналіз логістичної підтримки Logistic Support Analysis (LSA).

Існують і інші важливі аспекти і конкретні деталі, що застосовуються до поточного контенту, як в існуючих стандартах, так і за їх межами, які будуть розроблені в майбутніх версіях моделі [5].

Спираючись на [5] та інший досвід наших західних партнерів, можна будувати бази даних для вітчизняних зразків машинобудівної продукції.

Література:

1. Воїнов В.В. Інтегрована логістична підтримка зразків озброєння та військової техніки / Воїнов В.В, Бровко М.Б., Запара Д.М. // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 1(37). – С. 12-15.
2. Скворчевський О. Є. Аналіз зарубіжного досвіду побудови CALS-технологій для управління життєвим циклом озброєння та військової техніки / О. Є. Скворчевський // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Економічні науки. – Харків : НТУ "ХПІ", 2016. – № 48 (1220). – С. 75-80. Режим доступу: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/29399>
3. Скворчевський О. Є. CALS-концепція логістичної підтримки життєвого циклу озброєння та військової техніки: національні аспекти впровадження // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони = Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence. – 2019. – № 1 (34). – С. 45-52. Режим доступу: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41288>
4. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: «Вильямс», 2006.
5. NATO CALS handbook. – 2000. – 307 p.

РІВНЯННЯ БАЛАНСУ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ, ЩО ДІЮТЬ НА ШЛІФУВАЛЬНУ БАБКУ КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ

Степанов М.С.¹, Іванова Л.П.^{1,2}

Іванова М.С.¹, Літовченко П.І.²,

¹ Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

² Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Однією з причин виникнення похибок обробки деталей на круглошліфувальних верстатах є теплові деформації його елементів і вузлів, в тому числі і шліфувальної бабки, які в результаті нагрівання змінюють своє просторове положення.

З одного боку, шліфувальна бабка є джерелом тепла через нагрівання тертьових елементів (підшипників, напрямних), з іншого боку, вона сприймає теплові потоки і потоки охолодження від інших джерел (зони різання, крапель нагрітої ЗОР, потоків повітря від елементів верстата, що обертаються біля неї). Таким чином, дослідження впливу теплових потоків нагрівання та охолодження на шліфувальну бабку є актуальною науковою задачею.

Аналіз конструкції та принципу роботи круглошліфувального верстату показує, що найбільш важливими джерелами тепла, що впливає на корпус шліфувальної бабки, є наступні: теплота, що виділяється в лівому і правому підшипниках шпинделя; теплота, що виділяється в напрямних шліфувальної бабки; теплота, що виділяється в зоні різання; теплота, одержувана корпусом шліфувальної бабки в результаті впливу нагрітої ЗОР на її передню (лицьову) стінку; теплота з потоку повітря, що відводиться системою вентиляції електродвигуна приводу шліфувального круга; теплота (потік охолодження) з потоку повітря, що виникає від обертання шківів і руху приводних ременів приводу шліфувального круга; теплота від вентиляційного ефекту, що виникає під кожухом шліфувального круга в результаті його обертання з високою окружною швидкістю; теплота (охолодження), що надходить в шків пасової передачі приводу шліфувального круга, який встановлений на вихідному кінці шпинделя тощо.

Таким чином, рівняння балансу теплових потоків, що діють на шліфувальну бабку, має вигляд:

$$\theta_{\Sigma} = \theta_{\text{під}} + \theta_{\text{ЗОР}} + \theta_{\Sigma\text{кр}} + \theta_{\text{пп}} + \theta_{\text{нап}} + \theta_{\text{н.с.}},$$

де θ_{Σ} – загальна кількість теплоти, що сприймається шліфувальною бабкою; $\theta_{\text{під}}$ – потік тепла, що надходить в бабку від робочої рідини підсистеми зміщування підшипників шпинделя шліфувального круга; $\theta_{\text{ЗОР}}$ – потік тепла, що надходить в бабку в результаті її контакту з розігрітою ЗОР; $\theta_{\Sigma\text{кр}}$ – потік тепла (охолодження), утворений повітряними потоками, що виникають в результаті обертання шліфувального круга; $\theta_{\text{пп}}$ – потік тепла (охолодження), утворений повітряними потоками, що виникають в результаті роботи пасової передачі приводу шліфувального круга; $\theta_{\text{нап}}$ – потік тепла (охолодження), що утворюється в результаті тертя в напрямних; $\theta_{\text{н.с.}}$ – потік тепла, що надходить в шліфувальну бабку з навколишнього середовища.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ШЛІФУВАННЯ ЗІ ЗМІННОЮ ПОЛЯРНІСТЮ ЕЛЕКТРОДІВ

Стрельчук Р.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання розробки технології електроерозійного шліфування зі змінною полярністю електродів. Особливість технології полягає в тому, що робочий зазор між струмопровідними поверхнями – інструмента і заготовки залишається в процесі обробки практично постійним [1]. І це закономірно щодо періодично змінної полярності електродів. Так, при зворотній полярності електродів стабільність зазору забезпечується кінематикою устаткування. Продукти, що утворюються ж миттєво, електроерозією у вигляді наростоутворень на оброблюваній поверхні заготовки-катода, відразу ж знімаються зернами і викидаються ними з робочої зони разом з оплавленими продуктами електроерозії. Особливість обробки в період прямої полярності характерна тим, що компенсація зазору між електродами досягається тим, що миттєво утворюється наростоутворення, що і заповнюють проміжки зв'язки між зернами інструмента-катода. Забезпечений зміною в часі полярності стабільний електроерозійний проміжок створює нові технічні передумови для більш рівномірного, високоенергоємного процесу. Якість оброблюваної поверхні забезпечується технологічними параметрами, що сполучають кінематичні та електричні дані, ідентичні застосовувані при різних способах електроерозійної обробки в промислово-виробничих умовах.

Результати шліфування матеріалів – твердого сплаву ВК6 і сталі ШХ15 отримані в рівних умовах при тих самих технологічних режимах для всіх способів обробки. У якості інструмента був застосован алмазний круг на металевій зв'язці типу 12A2–45° 150×10×3×32 AC6 125/100 M1–4. Електроерозійне шліфування проводилося на модернізованому верстаті моделі 3Д642Е. При прямій полярності – (алмазний круг-катод, заготовка-анод), частота проходження робочих уніполярних імпульсів відповідала 8 КГц; при зворотній полярності (алмазний круг-анод, заготовка-катод) – 22 КГц.

Використання електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів забезпечує в порівнянні з існуючими способами наступні основні переваги: можливість обробки різних важкооброблюваних струмопровідних матеріалів з більш високою продуктивністю і якістю обробки при значній стійкості абразивних інструментів на 20–25%; зменшення витрат енергії при обробці на 15–20%; зниження трудомісткості обробки на 14–18%; підвищення працездатності абразивних інструментів для цих цілей в 1,7–3,3 р.

Література:

1. Патент України на корисну модель №131894, МПК (2018.01) B24B 1/00. Спосіб електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів / Стрельчук Р.М., Узунян М.Д. – № u 201806851; заявл. 18.06.2018; опубл. 11.02.2019. – Бюл. № 3/2019.

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ НЕЕВОЛЬВЕНТНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Третяк Т.Є., Мироненко О.Л., Мироненко С.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Доведено, що зубчасті передачі зі складним неевольвентним профілем бічних поверхонь зубів в ряді областей застосування мають переваги перед евольвентними зубчастими передачами за якісними показниками і позбавлені деяких їх недоліків.

Авторами статті було вирішено задачу геометричного моделювання плоских кінематичних кривих як потенційних профілів бічних поверхонь зубів зуборізних інструментів для формоутворення неевольвентних зубчастих коліс [1] з використанням математичного апарату многопараметрических відображень простору, розробленого д. т. н., професором Б.А. Перепелицею [2]. Також було розроблено методику отримання сполучених поверхонь зубів неевольвентних зубчастих коліс як огинаючих заданих поверхонь зубів інструментів і проведено серії чисельних експериментів для аналізу якісних показників неевольвентних зубчастих зачеплень з окремими випадками їх параметрів [3].

Пропонується комплексний аналіз якісних показників зубчастих зачеплень, утворених рейками з різним профілем зубів та складених із коліс з різними поєднаннями $z_1 = 8...100$ і $z_2 = 8...100$.

Отримано 3D-графіки з середніми значеннями коефіцієнтів тиску в точках торкання профілів зубів зубчастих коліс з $m = 5$ мм, $z_1 = 8...100$, $z_2 = 8...100$, утворених інструментальними рейками з прямолінійним, увігнутим і опуклим, а також увігнуто-опуклими профілями зубів та 3D-графіки зі значеннями коефіцієнтів перекриття зачеплень зазначених зубчастих коліс.

Як показують результати чисельних експериментів, неевольвентні зубчасті зачеплення можуть мати менші коефіцієнти тиску в точках торкання профілів у порівнянні з евольвентними зачепленнями при збільшенні або зменшенні коефіцієнта перекриття зубчастого зачеплення.

Зачеплення, утворені рейками з увігнутим і опуклим профілями зубів, забезпечують найвищий рівень коефіцієнта перекриття, а зачеплення, утворені рейками з увігнуто-опуклими профілями зубів – найнижчий рівень коефіцієнта тиску в порівнянні з іншими двома видами зачеплень.

Література:

1. Кривошея А.В. Структурный подход к математическому описанию кинематических кривых / А.В. Кривошея, Т.Е. Третяк, Е.Б. Кондусова // Резание и инструмент в технологических системах. 2001. Вып. 59. – С. 129-134. 2. Перепелица Б.А. Отображение аффинного пространства в теории формообразования поверхности резанием / Б.А. Перепелица. – Харьков: Вища шк., 1981. 3. Третяк Т.Е., Шелковой А.Н., Гуцаленко Ю.Г., Мироненко С.А. Анализ качественных показателей неэвольвентных зубчатых передач. Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2019. – Вып. 90. – 188 с. С. 72-84.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D НІВЕЛЮВАННЯ У ВІДНОВЛЕННІ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Турчин О.В., Щит В.С., Говтва Б.Є.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

При будівництві автомобільних доріг виконуються геодезичні, розбивочні, земляні операції, послідовна укладання шарів дорожнього одягу, будівництво водовідвідних та дренажних систем та інші види робіт. При цьому задіяна різна техніка: бульдозери, автогрейдери, асфальтоукладальники і т. д.

На етапі проектування, при виконанні кожного етапу робіт необхідний оперативний контроль геометрії дороги, а по завершенні етапу – перевірочний контроль. Точність вимірювань і оперативність їх урахування при виконанні конкретних операцій в значній мірі визначають вартість і якість результату в цілому. Остаточна інформація зберігається в базі даних геоінформаційних систем. Найбільш прогресивні технології передбачають отримання, аналіз, використання, передачу на робочі органи машин і зберігання геометричної інформації в комплексі.

Проект дороги найчастіше представляє собою 3 D-модель. Визначення відповідного місця розташування проводиться або з використанням роботизованого тахеометра, що встановлюється в зручному місці і прив'язується за двома або трьома опорним точкам до місцевої будівельної системі координат (LPS-система) або за допомогою відстеження супутниковими приймачами (GPS-система). LPS-системи мають підвищену точність, проте мають при цьому ряд обмежень: необхідно забезпечити безперервну пряму видимість машини, для роботи кожної машини потрібний окремий тахеометр, можливі збої в роботі тахеометра через яскраве світло фар машин, що рухаються назустріч і т. п.

GPS-системи мають набагато менше обмежень, але характеризуються зниженою точністю (15-20 мм) і не можуть застосовуватися в місцях, де супутниковий сигнал відсутній або є занадто слабким: в тунелях, поблизу високих будівель або лісу і т. д. Для них потрібно мінімум 2 GPS-приймача. Один з них називається базовою станцією і встановлюється на точці з відомими координатами, а другий встановлюється на машині і одночасно з базовою станцією приймає сигнали з GPS-супутників. Базова станція передає по радіомодему свої координати і іншу інформацію з супутників на приймач, встановлений на машині, а приймач об'єднує дані базової GPS-станції з власними даними і обчислює свої точні координати. Одна базова станція при цьому може обслуговувати кілька машин. Останнім часом набувають поширення також комбіновані системи, наприклад, на основі GPS-приймачів з коригуванням LPS-обладнанням, що забезпечують точність висотних відміток в межах 1 мм.

Системи 3D-нівелювання є сучасними високотехнологічним засобами, що дозволяють отримати суттєвий позитивний ефект, при цьому вимагають високої кваліфікації фахівців, що їх використовують.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ГІДРАВЛІЧНОГО МУЛЬТИПЛІКАТОРА

Фатєєва Н.М., Красильник А.В., Фатєєв О.М., Кулжанов О.А.

*Національний технічний університет**«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для розрахунку будь-якої схеми необхідно, насамперед, скласти математичний опис фізичних процесів, що протікають у ній, тобто одержати математичну модель системи. Спрощена принципова модель досліджуваної системи показана на рис. 1. В системі не розглядаємо для спрощення динаміку гідравлічного розподільника. Робоча рідина безпосередньо з виходу насоса H попадає на вхід запобіжного клапана КП, а також в поршневу камеру мультиплікатора M . Оскільки на початку процесу тиск на виході насоса менший від тиску налаштування запобіжного клапана КП, то тиск масла в поршневій камері мультиплікатора підвищується.

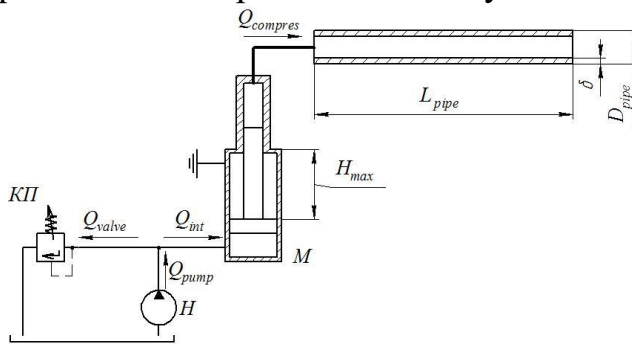


Рисунок 1 – Спрощена принципова схема системи випробування труб

Коли сила тиску масла на поршень мультиплікатора перевищує силу ваги рухомих частин мультиплікатора і силу тертя, поршень починає рухати плунжер, витискаючи водяну емульсію з плунжерної камери мультиплікатора, стискаючи її при цьому в випробовуваній трубі і збільшуючи тиск емульсії. Сила тиску емульсії на плунжер мультиплікатора врівноважується силою тиску масла на його поршень. Тиск масла в поршневій камері зростає, поки не зрівняється з величиною налаштування запобіжного клапана. Таким чином, величина налаштування запобіжного клапана визначає тиск випробування труб водяною емульсією. При побудові математичної моделі використаємо наступні припущення: в штоковій камері мультиплікатора масло вважаємо відсутнім; насос розглядаємо як ідеальне джерело робочої рідини з постійною подачею; клапан запобіжний розглядаємо спрощено як релейну систему, що пропускає через себе всю робочу рідину, коли тиск на вході в клапан зрівнюється з величиною його налаштування; оскільки в мультиплікаторі використовуються еластичні сучасні ущільнення, приймаємо, що витікання і перетікання рідини відсутнє; об'єм робочої рідини в трубопроводах, а також деформацію стінок масляної гільзи мультиплікатора не враховуємо; об'єм водяної емульсії в водяних трубопроводах високого тиску та у водяній гільзі мультиплікатора не враховуємо, оскільки його величина незначна в порівнянні з об'ємом водяної емульсії всередині випробовуваної труби; вважаємо, що в робочій рідині (як у маслі гідравлічному, так і в водяній емульсії) нерозчинене повітря відсутнє; модуль об'ємної пружності масла вважаємо величиною постійною. Для використання отриманих результатів, що визначають якість роботи системи гідроприводу на динамічних режимах, при проектуванні розроблена програма в середовищі MATLAB.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛІВ МАШИНОБУДУВАННЯ В СИСТЕМІ «GPS3D»

Феденюк Д.В., Шелковий О.М., Гуцаленко Ю.Г., Леетюк В.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Виробничий життєвий цикл виробу проходить багато етапів формоутворення: від розробки ідеї до готового виробу. Одним із етапів циклу є процес складання. Від вдалого та добре прорахованого процесу залежить кінцевий результат виробництва виробу, його якості та кінцева вартість. А саме від швидкості, точності, контролю процесу та раціонального розподілу виробничих потужностей можливе виготовлення виробу в затверджені терміни і заявленої якості.

Для розрахунків процесів складання існує багато автоматизований систем. Одною з таких автоматизованих систем є система «GPS3D» розробки кафедри «Інтегрованих технологій машинобудування ім. М.Ф. Семка» НТУ «ХПІ» під керівництвом професора О.М. Шелкового.

«GPS3D» – система імітаційного моделювання виробничих процесів машинобудування.

Система імітаційного моделювання допомагає проаналізувати виробничі процеси, їх взаємодію з іншими процесами на виробництві, завантаження обладнання та людських ресурсів в будь-який відрізок часу, з можливістю вносити корективи та доповнення на кожній стадії виробництва механообробки та складання вузлів машинобудування. Система дозволяє проаналізувати декілька одночасно виконуваних технологічних процесів механообробки або процесу складання на виробничому майданчику. На виході імітаційного моделювання отримуємо графіки з завантаженням кожної одиниці обладнання та робочого місця, витрачений час на виготовлення або складання вузлу та інші важливі данні для прийняття управлінських та технічних рішень.

За допомогою система імітаційного моделювання виробничих процесів машинобудування «GPS3D» було проаналізовано процес складання вузлів виробу «Візок» на виробництві підприємства Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод».

Побудова даних для розрахунків проходить у наступному вигляді: побудова тривимірного простору дільниці; побудова робочих місць збиральників (побудова тривимірних модулів); побудова траєкторій руху деталей на дільниці; дані технології виготовлення (кількість виготовлення, габаритні розміри та ін.).

В процесі імітаційного моделювання були виявлені застої деталей на декількох місцях процесу виготовлення, які не впливають на загальний час виготовлення, але впливають на нерівномірність завантаження обладнання у часі. Також було оптимізовано час та термін надходження деталей та вузлів для кінцевого процесу складання.

МЕТОДОЛОГІЯ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

Федорович В.О., Островерх Є.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі запропоновано скоротити частку трудомістких експериментальних досліджень алмазного шліфування шляхом комп'ютерного моделювання процесів виготовлення й експлуатації алмазних кругів з використанням програмних пакетів по методу кінцевих елементів типу SIMULA Abaqus, Solidworks Simulation, ANSYS і Ls-dyna. Дана методологія заснована на розрахунках методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану зони спікання алмазоносного шару кругів і зони шліфування.

Приклад розрахунків напружень при мікрорізанні наведено на рис 1.

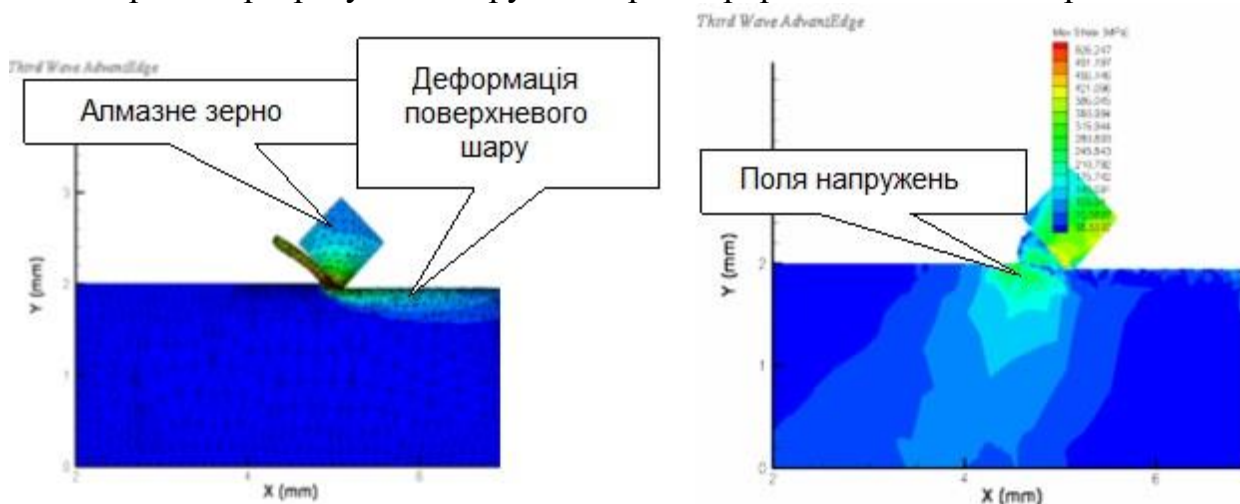


Рисунок 1 – Моделювання процесу мікрорізання одиничним алмазним зерном. а) – кінцевоелементна модель мікрорізання зерном з площадкою зносу; б) – результати розрахунків полів напружень;

Запропонована методологія включає наступні етапи: 1 – тривимірне комп'ютерне моделювання процесу спікання круга для визначення умов, при яких зберігається цілісність алмазних зерен; 2 – тривимірне комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану зони шліфування з метою визначення раціональних умов обробки; 3 – тривимірне комп'ютерне моделювання процесу правки абразивних кругів алмазним інструментом; 4 – тривимірне дослідження параметрів топографії робочої поверхні круга і обробленої поверхні методом лазерного сканування; 5 – тривимірне моделювання процесу заточування лезового інструменту з метою визначення умов його безвідмовної роботи ще на етапі виготовлення; 6 – розробка експертної системи визначення раціональних характеристик алмазно-композиційних матеріалів і режимів обробки цих матеріалів, їх використання в різальному інструменті.

Реалізація всіх етапів запропонованої методології дозволить суттєво спростити процес проектування, виготовлення й експлуатації алмазно – абразивних інструментів.

THE INFLUENCE ANALYSIS OF COATING ON TOOL WEAR WHEN DRILLING CARBON FIBER REINFORCED POLYMERS

Khavin G.L., Hou Zhiwen
National Technical University
"Kharkiv Polytechnical Institute",
Kharkov city

The holes quality in the carbon fiber reinforced plastics (CFRP) deteriorates rapidly with tool wear, ultimately affecting operate performance of this type material. Tool wear resistance and the level of surface quality directly determine the machining performance. These parameters depend of the cutting tool material and its initial geometry, technological processing parameters and other factors. The nature of tool wear and its intensity over time also largely depend on the presence or absence of a hardening and protective coating. The degree of coating influence on tool wear is currently insufficiently studied, and a large number of studies are being carried out in this direction, which makes the task of studying the coating effect on reducing tool wear relevant and of great practical value.

Experimental studies known from the literature [1] using various types of drills, uncoated and coated with DLC, BAM and (AlCrSi / Ti) N showed that both DLC and BAM coatings did not prevent significant rounding of the cutting edge compared to the tool without cover. Coated carbide drills (AlCrSi / Ti) N showed better wear resistance than others. In addition, studies of the uncoated behavior and coated tools CVD-diamond and PCD-drills tested on drilling CFRP showed that the drill with PCD Seco CX-1 at the highest processing quality has the highest tool life, both among uncoated drills and with CVD diamond coating.

The results of the numerous studies analysis [2] have shown that the high hardness of the coating does not always provide high abrasion resistance. Important factors are the contact hardness of the coating comparable to the base tool material, strong adhesion between the coating and the substrate, and the unique morphology of the coating.

Strong adhesion to the tool base material guarantees its high safety, despite the hardness and abrasive properties of CFRP, which affect the flaking of the coating during operation. Therefore, it was concluded that increasing the bond strength between the coating and the tool material is the main direction of research for the future technology of coating the tool.

References:

1. Tool wear of advanced coated tools in drilling of CFRP / S. Swan, M. Sayem, D. Kim at al. // Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2018.–140(11). – P. 110–118.
2. Experimental investigations into tool wear of drilling CFRP/A. Grechuk,V. Bushlya, R. M'Saoubi at al. // Procedia Manufacturing, 2018. –25. – P. 294–301.

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДІВ ЧУТЛИВИХ ДО НАВАНТАЖЕННЯ

Цента Є.М.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут» м. Харків***

Стабілізація швидкості руху виконавчих механізмів об'ємних гідравлічних приводів незалежно від навантаження досі є складною науково-технічною задачею [1, 2 та ін.]. Вказана задача може бути вирішена, як засобами гідравлічної апаратури, так і введенням електронних контурів зворотних зв'язків у рамках мехатронних модулів [3, 4 та ін.]. Проблема стабілізації виконавчих механізмів незалежно від навантаження особливо актуальна для мобільних машин [5], де навантаження часто має значну стохастичну складову.

Електрогідравлічні розподільники із вбудованими клапанами підтримки постійного перепаду тиску є широко розповсюдженим та добре зарекомендувавшим себе засобом побудови об'ємних гідроприводів чутливих до навантаження. Вони можуть використовуватись у гідроприводах начіпного обладнання тракторів, екскаваторів, підйомо-транспортному обладнанні тощо.

Також перспективним засобом побудови гідроагрегатів із чутливістю до навантаження є застосування багатофункціональних пропорційних електрогідравлічних перетворювачів [6, 7 та ін.], які можуть бути використані, як в одноступінчасті апарати у складі мехатронних модулів так і, як перший каскад підсилення у складі розподільників із вбудованими клапанами підтримки постійного перепаду тиску. Вибір тут буде визначатися потужністю гідравлічного приводу. В результаті проведеного огляду можна сказати, що Україна має достатньо вітчизняних науково-технічних напрацювань для побудови сучасних електрогідравлічних приводів чутливих до навантаження для використання у складі мобільних машин.

Література:

1. Лурье З.Я. Математическая модель клапана давления гидроагрегата с чувствительностью к нагрузке. Вестник Харьковского Национального Автомобильно-Дорожного Университета, 2007. № 38. С. 200-203. 2. Сковорчевський О. Є. Нове покоління гідравлічних приводів для мобільних машин на основі принципу e-LOAD SENSING (e-LS). Комп'ютерні технології і мехатроніка : зб. наук. пр. за матеріалами Міжнар. наук.-практ. конф., 30 травня 2019 р. Харків : ХНАДУ, 2019. С. 247-249. 3. Цента Е. Н. Улучшение динамических характеристик комбинированной системы управления навесным оборудованием трактора путем ввода мехатронного модуля. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати : зб. наук. пр. Харків : НТУ "ХПІ", 2018. № 17 (1293). С. 72-80. 4. Сковорчевський О. Є. Підвищення динамічних характеристик мехатронних модулів поступального руху. Промислова гідравліка і пневматика : матеріали 26-ї міжнар. наук.-техн. конф. АС ППП, 14-16 жовтня 2015 р., м. Суми. – Вінниця : ГЛОБУС-ПРЕС, 2015. С. 96. 5. Skvorchevsky A. Y. Modern requirements for electrohydraulic drives of combat and civilian vehicles. Гідроаеромеханіка в інженерній практиці : матеріали 21-ї міжнар. наук.-техн. конф., 24-27 травня 2016 р. Київ : [б. и.], 2016. С. 131-134. 6. Сковорчевський О. Є. Галузі застосування багатофункціональних пропорційних електрогідравлічних перетворювачів. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. 2007. № 3 (109), ч. 2. С. 140-145. 7. Сковорчевський О. Є. Математичне моделювання статичних робочих процесів електрогідравлічних перетворювачів нормально-закритого. Вісник НТУ «ХПІ»: Нові рішення у сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ», 2011. № 45. С. 48–54.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПНЕВМОПРИВОДУ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТУ

Черкашенко М.В., Черпаков М. І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У сучасних умовах виробництва спостерігається тенденція до роботизації підприємств, що призводить до підвищення швидкості проходження технологічного циклу виготовлення деталей, збірки обладнання, або його пакування чи переміщення, сортування, тощо. Для різних операцій використовуються промислові роботи із різними насадками. Не всі ці насадки можуть забезпечити стале зусилля стискання продукції при різних її номенклатурі, тобто для кожного окремого виду продукції знадобиться своє налаштування програмного забезпечення або окремий автоматичний маніпулятор із певними параметрами.

Система регулювання промислового роботу націлена на те, щоб використовувати один тип автоматизованого маніпулятора без великої кількості зайвих налагоджень і налаштувань. Таким чином підвищується гнучкість системи та швидкість її упровадження.

Система контролюється датчиками тиску та пропорційною пневмоапаратурою, яка має велику швидкодію та високу точність позиціонування. Таким чином, вона працює в дискретно-аналоговому режимі. При подачі стиснутого повітря до спеціальних силіконових маніпуляторів, маніпулятори будуть затискати продукцію, а після того як продукція опинилася у необхідній точці або була виконана необхідна операція, повітря стравлюється і маніпулятор розтискається. Після цього він повертається у вихідне положення і за допомогою спеціальних датчиків знаходить наступну одиницю продукції з якою буде працювати. Захоплення продукції маніпулятором корегується шляхом досягнення мінімальної сили протидії, при досягненні якої маніпулятор не буде здатний пошкодити крихкі вироби.

Основна функція промислового роботу – це виконання однієї операції у циклі, тому у лінії може знаходитися декілька роботів, важливо, щоб кожен з них виконував свою операцію вчасно та за чітким алгоритмом. Швидкість переміщення роботу загальною та на різних відрізках траєкторії руху також регулюється за допомогою пропорційної пневмоапаратури. При цьому система обладнана як індикацією тиску і швидкості так і помилок.

Найбільш актуальне застосування система може знайти у харчовій промисловості, де потрібно пакувати великі об'єми крихкої або м'якої продукції: тісто, яйця, кондитерські вироби, тощо. Таким чином, ця система дає певну універсалізацію та стабільність роботи промислового робота, розширюючи можливості сортування та переміщення продукції, що є економією часу при налагодженні та може бути корисним як у багатосерійному виробництві із типовою продукцією, так і в дрібносерійному із більш різноманітними задачами.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ПРОГРАМ ПРОГНОЗУВАННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ШТАНГОВОЇ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

Шевченко Н.Г., Лучанінов К.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Основна мета роботи – підвищити ефективність роботи насосної установки шляхом чисельного прогнозування та дослідження режиму роботи системи «пласт-свердловина-насос», перевірки забезпечення міцності штангової колони для реальних умов експлуатації за допомогою програмного комплексу. У реальних умовах експлуатації заглиблених насосів, що перекачують пластову продукцію є суміш нафти, води та газу – газорідинна суміш (ГРС). Для прогнозування робочих характеристик насосної установки, потрібно враховувати, що в міру зміни тиску уздовж свердловини, насоса та підйомних труб, змінюються зміст вільного/розчиненого газу у нафті та фізичні властивості ГРС. Також було встановлено, що зміна об'ємної концентрації води в нафті у діапазоні 50-80 % сприяє утворенню водо-нафтових емульсій (ВНЕ) з підвищеною в'язкістю і зміні характеристик реологій суміші. У роботі використовуються теоретичні методи дослідження, що засновані на промислових даних для розрахунків параметрів газорідинної суміші, робочих параметрів плунжерного насоса та перевірка забезпечення міцності штангової колони. На кафедрі «Гідравлічні машини» НТУ ХПІ (м. Харків) було створено комплекс програм з графічним інтерфейсом. Проведено удосконалення комплексу програм шляхом урахування реології ВНЕ при визначенні робочих та енергетичних характеристик штангової насосної установки. У табл. 1 надано фрагмент результатів розрахунків основних характеристик насосної установки при зміні об'ємної частки води у ГРС (газовий фактор незмінний).

Таблиця 1 – Зведені результати розрахунків параметрів насосної установки

Основні параметри	Значення			
Об'ємна доля води у продукції B , %	0	40	70	90
Глибина установки насоса $L_{уст.}$, м	1200			
Об'ємна доля вільного газу на прийомі насоса, %	22	21	17	9
Коефіцієнт наповнення насоса, д.о.	0,786	0,811	0,826	0,93
Втрата ходу полірованого штоку, д.о.	0,132	0,183	0,211	0,2
Коефіцієнт подачі насоса, д.о.	0,681	0,72	0,74	0,82
Макс. навантаження у точці підвісу штанг, КН	47	48	48,7	49
Розрахункове напруження $\sigma_{роз}$, МПа	50	52	53	53,5
Втрати потужності на витоки, д.о.	0,958	0,992	0,98	0,799
Втрати потужності на тертя, д.о.	0,58	0,61	0,68	0,65
Загальний ККД СШНУ, %	38,5	40,4	45,5	43,7
Потужність, що затрачена на підйом рідини, кВт	3,94	5,2	5,3	7,2

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF WATER RESOURCES SAVING IN MECHANICAL PROCESSING OF THE MODERN CENTURY

¹Shelkovoy A.M., ²Rucki M., ¹Gutsalenko Yu.G., ¹Rudnev O.V., ¹Ivkin V.V.

¹Nat. Tech. Univ. "Kharkiv Polytech. Inst.", Kharkiv, Ukraine

²Kazimierz Pulaski Univ. of Technology and Humanities, Radom, Poland

Generally accepted technological methods for mechanical treatment, especially of accurate finishing grinding of difficult-to-work materials with increased hardness and durability, consist in use of jet irrigation with lubricating-cooling technological means (LCTM) on water or oil liquid basis [1]. LCTM use is an important factor in ensuring of technological productivity and functional quality of technologies.

In the industrialized countries of the world, a large number of liquid LCTM are used, for example in Germany and the USA up to 110 and 250 million liters per year, respectively. But the intercontinental scale of the problem of the provision of clean fresh water of vast territories in the Asian, African, Australian, American regions is globally stimulating the reduction of water consumption for industrial purposes as a permanent trend in the scientific and technological development of our civilization [2], including with regard to LCTM during machining – from minimizing the flow, for example in the form of partial microdoses, and to complete rejection [3].

The LCTM is a source of relatively high production costs associated with its preparation, transportation, operation of feed systems to the treatment area, regeneration, recovery and disposal. According to the Swiss firm Mikron SA Aqno [4], the cost of LCTM per machine is an average of \$ 50 to \$ 300 per day, taking into account the full cost of the LCTM filing systems in the treatment area, maintaining its normal condition.

Refusal of fresh water in LCTM compositions for diamond-spark grinding of difficult-to-machine materials with the use of solid lubricants allows saving significant funds and at the same time obtaining a significant environmental effect without reducing the productivity and quality of processing [5]. This is an effective response to the environmental challenge of the sustainable use of freshwater while also taking into account economic considerations.

References:

1. Winter, M. (2016) *Eco-efficiency of Grinding Processes and Systems*. Springer International Publishing AG Switzerland.
2. Collins, A., et al. (2019) *The Global Risk Report 2019, 14th Ed.* Geneva, World Economic Forum.
3. Benedicto, E., et al. (2017) Technical, economic and environmental review of the lubrication/cooling. *Procedia Eng.*, Vol. 184, pp. 99-116.
4. Cathomen, B., and H. Spoerry (2018) *Micron Annual Report 2018*. Biel, Micron Holding AG.
5. Gutsalenko, Yu. G., and A. V. Rudnev (2020) Diamond spark grinding in anhydrated medium using solid lubricants. In: *Prospects and priorities of research in science and technology*. Baltija Publishing, Riga, Vol. 1, pp. 44-59.

СЕКЦІЯ 4. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

ROBOTICS AND AI: OVERVIEW AND PROSPECTS

Konovalenko O.E.¹, Brusentsev V.A.²

¹*National Technical University*

«Kharkiv Polytechnic Institute»,

**²*Kharkiv State Academy of Culture,
Kharkiv***

Robots today have entered our lives in different areas. They fly into space, help with military purposes, build cars, are used in industry, and help find new medicines. Robots are used in a variety of fields.

The versatility of robots implies the ability to perform targeted actions that require certain intellectual abilities. Robots have no less broad prospects in the mining industry, metallurgy and the oil industry (maintenance of drilling rigs, installation and repair work), in construction (installation, finishing, medical work), light, food, and fishing industries. Along with the use in industry, robots are also used in other areas of the national economy and human activity, allowing people to free people from hard, dangerous and monotonous work.

The first place in the world in the production and use of robots is confidently occupied by Japan, where most of the world's fleet of robots is concentrated. This is followed by the USA, Italy, France, Sweden and Germany. Most of this park is used by industry. The leaders in the production of robots at the moment are the companies FANUC Robotics (Japan), KUKA (Germany) and ABB (Sweden, Switzerland) and others. In total, there are about 400 robotics companies operating on the world market.

The appearance of the first robots gave a powerful impetus to the development of such areas as machine vision and image recognition, the construction of methods for modeling the states of the world, the construction of plans for a sequence of actions and management of the implementation of these plans, and the control of the work of robots in three-dimensional space. The intelligence of robots is constantly improving with the creation of better human-machine interfaces. The range of their application is significantly expanding.

Deep learning has given machines the ability to recognize patterns and patterns at a new level, but this needs to be coupled with simulated reasoning to create adaptable robots that can learn "on the fly".

The key to this will be to create an AI that is aware of its own limitations and can be trained to learn new things. It is also important to create systems that can learn quickly from limited data, rather than from the millions of examples used in deep learning. Further advances in our understanding of human intelligence will also be needed to address these challenges.

Promising technologies of artificial intelligence in robotics, which have a large number of modern problems, are the following: computer vision, natural language processing, speech analytics, decision-making, recommendation systems.

СУЧАСНІ ОБ'ЄМНІ ГІДРОПРИВОДИ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ПІДЙОМНИКІВ З РОБОЧИМИ ПЛАТФОРМАМИ

Аврунін Г.А., Кириченко І.Г., Резніков О.О., Мороз І.І.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
м. Харків*

Розглянуті об'ємні гідроприводи (ОГП) мобільних підйомників з робочими платформами (МПП) різних кінематичних схем – причіпних, самохідних на шасі автомобіля і з власним приводом ходу, які дозволили систематизувати номенклатуру застосовуваних гідропрстроїв. Виробнича програма світових виробників МПП допускає корисну масу на робочій платформі до 700 кг при висоті її підйому до 112 м. Найбільше розповсюдження знайшли насоси шестеренні із зовнішнім зачепленням з робочим об'ємом від 4 до 32 см³ і здвоєні тандем-насоси на робочий тиск 10...16 і 20 МПа, а також аксіальнопоршневі насоси з регульованим робочим об'ємом, в тому числі для обслуговування технологічного обладнання з автоматичним регулятором «подача-тиск» і робочим об'ємом 50 см³ на тиск до 28 МПа, і насоси для ОГП пересування МПП, що включають тандем-насоси з робочим об'ємом 2x45 см³ і стежним пропорційним електрогідравлічним регулятором зміни робочого об'єму на тиск до 35 МПа. Серед гідродвигунів знайшли розповсюдження: аксіальнопоршневі гідромотори для приводу обертання платформи і пересування МПП, з робочим об'ємом від 30 до 45 см³, в тому числі з регульованим робочим об'ємом і вбудованими гальмами нормально-замкненого типу; героторні гідромотори з робочим об'ємом від 50 до 520 см³ для приводів обертання поворотної платформи і ходу МПП; радіальнопоршневі багатоциклові гідромотори з робочим об'ємом до 500 см³ для приводу пересування МПП; поворотні гідродвигуни на рукояті для повороту робочої платформи – з робочим об'ємом 230 см³ на тиск до 23 МПа; поршневі гідроциліндри з одностороннім штоком з діаметром поршня від 50 до 200 мм і ходом від 250 до 2150 мм; телескопічні гідроциліндри з ходом від 1700 до 8500 мм.

Потужність привідних двигунів знаходиться в діапазоні від 2,2 кВт для електродвигунів і до 55...75 кВт для ДВЗ. Місткість гідробаків знаходиться в діапазоні від 4 до 390 дм³.

У номенклатуру гідроапаратів входять гідророзподільники стикового і ввертного монтажу, секційного типу, в тому числі з пропорційним електричним управлінням, клапани зворотні і зворотні керовані (гідрозамки), запобіжні і гальмівні клапани, регулятори потоку з пропорційним електричним управлінням, клапани тиску типу «або».

Для ОГП МПП встановлюють тонкість фільтрації робочої рідини на рівні 25 мкм при робочому тиску до 16 МПа і 5...10 мкм при підвищених тисках для аксіальнопоршневих гідромашин і радіальнопоршневих гідромоторів.

Розглянуті питання статичного та динамічного розрахунку типових схем ОГП, зокрема з гідроциліндрами технологічного обладнання і гідромоторами для пересування самохідних МПП.

АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ ДИНАМІКИ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ АВТОБЕТОНОЗМІШУВАЧА НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ШАСІ

**Аврунін Г.А.¹, Кириченко І.Г.¹, Шевченко Д. М.¹,
Самородов В. Б.², Пелипенко Є.С.², Цента Є.М.²**

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків

Автобетонозмішувачі (АБЗ) призначені для доставки на споруджувані об'єкти готової суміші з спонуканням або приготуванням суміші на шляху прямування з компонентів, завантажених в них на центральних сумішоприготувальних заводах. Для обертання змішувального барабану широко використовується об'ємний гідропривід (ОГП).

Метою дослідження є пошук зниження динамічних навантажень в ОГП АБЗ, включаючи режими розгону до робочої частоти обертання барабана і його гальмування. За допомогою математичної моделі динаміки гідроприводу і пакету прикладних програм VisSim показана можливість мінімізації стрибків тиску в гідроприводі шляхом оптимізації завдання параметрів, у тому числі подачі насоса і з урахуванням можливих навантажень. Математична модель розроблена для ОГП з замкненим ланцюгом циркуляції робочої рідини, до якого входять аксіально-поршневий насос з регульованим робочим об'ємом та гідромотор з постійним робочим об'ємом та планетарним редуктором на вході в змішувальний барабан для бетонної суміші. За допомогою диференціальних рівнянь, складених на основі закону Паскаля, рівняння нерозривності робочої рідини та законів механіки, шляхом чисельного інтегрування отримані значення частоти обертання барабана та тиску в ОГП залежно від часу дії зовнішнього завантаження та витрати насоса. При цьому при моделюванні роботи ОГП розглядалися значення коливання тиску і частоти обертання.

За результатами розрахунків зроблені такі висновки:

1. Моделювання динаміки ОГП шляхом завдання перемінної подачі насоса за допомогою чисельних значень в пакеті VisSim-map дозволяє провести аналіз пускового режиму, режиму, що встановився, і гальмівного. При цьому можливо встановлення мінімально можливого часу підвищення і зниження подачі насоса, що забезпечує обмеження максимального тиску при пуску і безкавітаційну роботу ОГП при гальмуванні;

2. Показаний істотний вплив моменту інерції змішувального барабана на необхідну тривалість зміни подачі насоса – для сучасних автобетонозмішувачів цей час знаходиться в діапазоні від 40 с до 90 с;

3. Введення в модель моменту опору коефіцієнта, враховуючого зниження гідромеханічного ККД гідромотора при зрушуванні, дозволяє дати оцінку додатковому підвищенню тиску при пуску ОГП;

4. Зміна часу виходу насоса на максимальну подачу не робить вплив на пульсацію частоти обертання гідромотора автобетонозмішувача.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОЦІЛЬОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ

Батрак П.О., Клітної В.В., Клітної В.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Через подальше зростання кількості та різноманітності систем вентиляції, вимоги до умов роботи таких систем стають дедалі жорсткішими. З'являється нагальна необхідність в вирішенні задач оптимізації техніко-економічних характеристик вентиляційних систем.

В якості критерію оптимізації, як правило, розглядають втрати в вентиляційних системах. Величина цих втрат складається з суми кошторисної вартості повітропроводів та річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з транспортуванням повітря по каналах вентиляційної системи. Зі зменшенням діаметра повітропроводу зменшується їх вартість, в той же час зростають витрати на транспортування повітря (потрібно більший натиск вентилятора, щоб забезпечити необхідну подачу), зростають гідравлічні втрати в системі, витрати на електроенергію. Таким чином, для кожної конкретної системи вентиляції існують оптимальні значення діаметрів повітропроводів, що забезпечують мінімальне значення наведених витрат. Для складних вентиляційних систем, де змінними є діаметри повітропроводів в кожній гілці, ця задача може бути вирішена за допомогою методів багатоцільової оптимізації.

Серед різноманітності методів багатоцільової оптимізації розрізняють детерміновані або стохастичні методи. Детерміновані методи потребують значних припущень щодо безперервності та диференційованості цільової функції, таким чином, для поставленої задачі більш доцільне використання стохастичних методів.

Серед стохастичних методів оптимізації особливо добре зарекомендували себе на практиці, так звані, популяційні методи, які використовують закономірності і принципи, запозичені у самої природи. Одним з найшвидших таких методів є метод диференціальної еволюції. В ході роботи метода генерується випадковим чином, чи за допомогою наближених алгоритмів, початкова популяція, яка замінюється більш придатною новою популяцією до моменту отримання задовільних результатів.

У роботі розглядається можливість застосування розробленого алгоритму багатокритеріальної оптимізації [1], на базі метода диференціальної еволюції для вирішення задачі розрахунку оптимальних значень діаметрів повітропроводів, що забезпечують мінімальне значення наведених витрат, в процесі проектування систем вентиляції.

Література:

1. Клітної В.В., Клітної В.В., Батрак П.О. Оптимізація планетарної передачі бортового редуктора з використанням методу диференціальної еволюції. Автомобільний транспорт. Харків, 2020. №47. С. 15-20.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАСТИХ ЗАЧЕПЛЕНЬ ТРАНСМІСІЙ КОЛІСНИХ МАШИН

Бондаренко О. В.¹, Устиненко О. В.¹, Протасов Р. В.², Сєриков В. І.¹

¹ *Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

² *Словацький технічний університет у Братиславі,
м. Братислава*

Доповідь присвячено постановці задачі та розробці теоретичних основ знаходження раціональних параметрів усіх зубчастих зачеплень у трансмісії колісної машини. Викладено думки та положення стосовно вказаної постановки задачі. Окреслено змінні проектування, ряд обмежень, що дає змогу сформулювати необхідний набір постановки задачі. Запропоновано загальну структуру модифікованого еволюційного алгоритму.

У якості базового об'єкту-прикладу було обрано трансмісію військової колісної машини БТР-80, бо, на думку авторів, вона є агрегато-насиченою та має досить цікаву компоновку. Основними елементами є: коробка передач, роздатна коробка, ведучі мости, колісні редуктори, редуктор водометного рушія, редуктор лебідки, а також сукупність карданних валів. При проектуванні трансмісії пропонується використовувати наступні критерії: маса, габаритні розміри агрегатів, "інтегральну" величину, яка містить в собі всі розрахункові запаси згинних та контактних напружень. Для розв'язання вказаної задачі доцільно в якості змінних проектування прийняти наступні конструктивні параметри зубчастих зачеплень: відповідні модулі зачеплень; відповідна кількість зубців; кути нахилу зубців. Для даної задачі рекомендовано наступні обмеження: вимога відносної рівності між більшими зубчастими колесами у зачепленнях; для співвісного агрегату повинна виконуватися умова рівності міжосьових відстаней окремих зачеплень; числа зубців коліс повинні приймати цілі значення, а також обмежені верхнім та нижнім значенням; передавальні відношення повинні бути обмежені максимальним значенням; зубці коліс повинні задовольняти необхідній контактній і згинній витривалості та міцності; інші конструктивні вимоги.

Для розв'язання поставленої задачі пропонується використати модифікований еволюційний алгоритм, у межах якого ряд етапів віддається на розсуд псевдовипадковому процесу. Особливістю алгоритму є накопичення життєздатних особин. У кінці циклу отримуємо популяцію точок, яка аналізується за значенням цільової функції та сортується, провідні точки визначають розв'язання задачі.

КЛАСТЕРНА МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИЧНОГО ОПИСУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Бородін Д.Ю.¹, Семенова-Куліш В.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²Український державний університет залізничного транспорту,

м. Харків

З розвитком комп'ютерної техніки велике значення сьогодні набувають завдання математичного моделювання складних фізико-хімічних процесів з метою оптимізації різних технологічних процесів і завдань. Це призводить до необхідності розв'язання задач математичної фізики в геометрично складних областях, причому такі фізичні характеристики об'єкта моделювання, як теплопровідність, щільність та ін., можуть залежати і від часу, і від просторових змінних.

Існуючі підходи створення геометричних моделей в різних середовищах проектування засновані на використанні класичних геометричних фігур, їх об'єднання та перетині (конкатенації). Ці способи добре працюють для найпростіших об'єктів, що складаються з двох-трьох класичних фігур - кола, еліпса, прямокутника та ін. Проте, складні нерегулярні об'єкти, що вимагають великої кількості описових дій, представляють значні труднощі при створенні програмної моделі.

Принципова відмінність пропонованого підходу від наявних методів опису геометричних об'єктів полягає в тому, що тут користувачем задається не гранична область об'єкта, а його внутрішні точки. В цьому випадку граничні точки об'єкта моделювання можуть бути обчислені за певними заданими алгоритмами відповідно до зазначених точок (несучі або кластерні елементи).

Даний метод опису, при якому геометрична модель (і її межа) утворюється в результаті взаємного об'єднання елементарних об'єктів, дозволяє користувачеві системи геометричного проектування відзначати лише окремі базові точки в сітці, яка генерується заздалегідь, а програмне середовище дає можливість сформувати весь об'єкт цілком.

Кластерний підхід дає широкі можливості для експериментування зі створеними об'єктами. Зміна властивостей кластерних елементів, що входять в модель, призводить до досить несподіваних геометричних фігур, які заздалегідь уявити досить складно, але при цьому вихідний об'єкт залишається впізнаваним.

Розроблене програмне середовище, що засноване на кластерному підході, може застосовуватися і для моделювання різних технічних об'єктів, причому інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє виконувати такі побудови навіть непідготовленому користувачеві.

ПРО ВПЛИВ НАТЯГУ ГУСЕНИЧНОГО ОБВОДУ

Вербило М. В., Кулик Г.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

При дослідженні динаміки гусеничної машини важливим фактором є облік впливу натягу гусеничного обводу. Гусениця дозволяє не тільки підвищити прохідність машини, але і обмежує переміщення опорних катків при русі по нерівностях. При аналізі роботи гусениці розрізняють вільну ділянку, що складається з робочого і вільного провисання та розстеленій на ґрунті опорний ділянки. Гусениця має здатність деформуватися в поздовжньому напрямку з нелінійною залежністю між зусиллям розтягу T і подовженням. Подовження одного трака представляється параболічної залежністю в широкому діапазоні зміни T [1]:

$$\Delta l_1 = c_1 \cdot T + c_2 \cdot T^2. \quad (1)$$

Для гусениці з відкритими шарнірами коефіцієнти c_1 та c_2 є додатним, тобто податливість гусениці зростає із збільшенням натягу. Для гусениць з гумометалевими шарнірами $c_2 < 0$. Велике натяг гусениці значно впливає на реакції, діючі з боку ґрунту на крайні опорні катки, зменшуючи їх на відповідні величини. Натяг гусениці під крайнім катком відповідає натягу гусениці відповідної похилої ділянки гусениці. У роботах [1, 2] наведено порядок визначення реакцій ґрунту з урахуванням натягу гусениці для крайніх опорних катків.

При аналізі математичної моделі коливань корпусу гусеничної машини при русі по пересіченій місцевості можливі три варіанта врахування натягу гусениці: змінний натяг, статичний та натяг відсутній [2].

Було розглянуто перший найбільш важкий випадок. Натяг ділянок гусениці різному, тому що робоча та вільна провисаючі ділянки поділяються провідним колесом, яке обертається нерівномірно в процесі руху машини по нерівностях.

Література:

1. Аврамов В.П. Динамика гусеничной транспортной машины при прямолинейном движении по неровностям. К.: УМК ВО, 1992. 100 с.
2. Аврамов В.П., Калейчев Н.Б. Динамика гусеничной транспортной машины при установившемся движении по неровностям. Харків: Вища школа, 1989. 112 с.

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЗАПОВНЮВАНИХ ГІДРОМУФТ В КОМБІНОВАНИХ ТРАНСМІСІЯХ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

Веретенніков Є.О., Костяник І.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Останнім часом спостерігається все більший перехід виробників військової техніки від гусеничних машин до колісних. Це пояснюється більшою рухливістю військ на колісних машинах, простішим та дешевшим виробництвом. Але повністю відмовитися від гусеничних машин при проведенні військових операцій неможливо через їх значно кращу прохідність.

На даний час спостерігається тенденція до встановлення на гусеничні машини комбінованих трансмісій. Комбіновані трансмісії поєднують в собі безступінчасту та ступінчасту коробки передач. Найчастіше використовуються комбінації гідравлічної та механічної коробок передач. В якості гідравлічної передачі використовують гідростатичну (гідравлічні насос та мотор) передачу. Відомі кінематичні схеми диференціального механізму повороту, що встановлений на основних бойових танках та машинах піхоти «Абрамс», «Леопард-2», «Челенджер», бойових машинах піхоти «Мардер» та «БМП-3» [1-3].

На відміну від колісної техніки, робота трансмісії гусеничної машини додатково ускладнюється тим, що поворот здійснюється за рахунок зміни швидкостей перемотування гусениць, які також відбуваються в трансмісії.

Поворот машини з такими трансмісіями супроводжується різким стрибком тиску у напорній магістралі гідрооб'ємної передачі, особливо при повороті на невеликі радіуси [4]. При цьому дуже часто у гідрооб'ємній передачі спрацьовує запобіжний клапан, тобто передача працює на межі своїх можливостей. Для запобігання цьому потрібно збільшувати розміри передачі, що негативно відображається на компоновці машини. Іншим способом розвантаження гідрооб'ємної передачі при повороті є встановлення наповнюваної гідромуфти. Ступінь заповнення гідромуфти при цьому залежить від тиску в гідрооб'ємній передачі. Тому визначення параметрів вказаної гідромуфти є дуже важливим, оскільки вона «допомагає» виконувати поворот і від цього залежить маневреність машини.

Література:

1. Кондаков С.В., Филичкин Н.В., Вансович Е.И. Имитационное моделирование движения быстроходной гусеничной машины с независимым гидрообъемным механизмом поворота. Челябинск. ЮУрГУ, 2010. №10. Вестник ЮУрГУ. 2. Военные гусеничные машины: учебник. В 4т. Т.1: Устройство. Кн. 2 под ред. В.С. Старовойтова. Москва. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1990. 336с. 3. Исаков П.П. Теория и конструкция танка. Т.5: Трансмиссии. Ленинград. Машиностроение, 1985. 367с. 4. Кондаков С.В., Вансович Е.И. К вопросу оптимизации алгоритма управления независимым гидрообъемным механизмом поворота быстроходной гусеничной машины. Челябинск. ЮУрГУ, 2011. №11. Вестник ЮУрГУ.

МАШИНИ ТЕХНІЧНОЇ ДОПОМОГИ ДЛЯ КОЛІСНОЇ ЛЕГКОБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

Вернидуб М.В., Кулик Г.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Сухопутні війська у переважній більшості країн світу – це організована сукупність військових формувань з ієрархічною системою управління, великою кількістю особового складу та різнотипного озброєння. Як правило, вони призначені для ведення широкомасштабних симетричних воєнних дій, імовірність яких з кожним роком зменшується, а асиметричних – збільшується.

Аналіз озброєння та військової техніки, яка використовується сухопутними військами збройних сил показує, що основними їх зразками залишаються танки, бойові броньовані машини, самохідні та причіпні гармати й міномети, зенітно-ракетні комплекси тощо. Застосування на полі бою переліченого озброєння та техніки передбачає, як правило, функціонування дуже громіздкої та інертної системи, яка, як свідчить досвід останніх війн і збройних конфліктів, є не завжди легкокерованою та високоефективною.

Особливо це стає відчутним під час ведення асиметричних дій, коли різнорідним важким військовим формуванням протистоять напівпартизанські (терористичні) сили зі специфічною високоманевровою тактикою дій. Відповідно до нових форм і методів ведення збройної боротьби на озброєнні сухопутних військ багатьох армій світу з'явився новий клас бойових броньованих машин – броньовані автомобілі.

Проведений аналіз досліджень і публікацій щодо розвитку та використання броньованих автомобілів показав, що вони створюються переважно на базі шасі автомобілів багатоцільового призначення (АБП) та виконують завдання з перевезення особового складу, вогневої підтримки дій тактичних мобільних груп, які знаходяться у відриві від основних сил, а також виконання спеціальних, розвідувальних, пошуково-рятувальних завдань. Бурхливий розвиток броньованих автомобілів обумовлює потребу у машинах технічної допомоги які укомплектовані сучасними інструментами та пристроями щодо поточного та польового ремонту.

**АЛГОРИТМ АНАЛІЗУ РОЗГОНУ ПРИВОДА ПОСТІЙНОЇ
ПОТУЖНОСТІ, ПОБУДОВАНИЙ НА АНАЛІТИЧНОМУ
ПРЕДСТАВЛЕННІ ФУНКЦІЙ ШВИДКОСТІ І ПЕРЕМІЩЕННЯ**
**Волонцевич Д.О.¹, Веретенников Є.О.¹, Костяник І.В.¹, Карпов В.О.¹, Bilal
Timucin², Alper Altinisik²**

*¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків,*

²BMC Power Motor Kontrol Teknolojileri A.Ş, İstanbul

У транспортному машинобудуванні досить часто використовуються безступінчасті приводи, з вихідною механічною характеристикою, побудованою за принципом постійної потужності [1]. Найбільш часто таку характеристику мають деякі електромотори [2] і регульовані гідростатичні передачі [3]. Зазвичай при малих швидкостях обертання вихідного валу на цих характеристиках присутня горизонтальна ділянка, на якій обмежується максимальна величина крутного моменту або за величиною сили струму для електроприводу або по тиску в системі для гідростатичного приводу. Аналогічний вигляд кривої може виходити при побудові графіка максимальної сили тяги транспортного засобу з безступінчастою трансмісією в залежності від швидкості. У цьому випадку наявність горизонтальної ділянки обумовлено обмеженням зчіпних можливостей поверхні [1], по якій здійснюється рух, або обмеженнями максимального крутного моменту, який може реалізувати трансмісія [1 – 3].

У роботі запропонований інструмент для аналітичного дослідження процесу розгону приводу постійної потужності, що має обмеження по крутному моменту, при постійному, що не залежить від швидкості і часу навантаженні. Застосування інструменту ілюструється на прикладах рішення таких задач з області транспортного машинобудування, як розгін автомобіля в складних дорожніх умовах і розворот гусеничної машини навколо центра ваги.

Особливістю запропонованого інструменту є те, що для його застосування немає необхідності інтегрувати диференціальні рівняння, що описують закон руху системи. Для повного аналізу достатньо застосування інженерного калькулятора або електронних таблиць типу Excel.

Запропонований інструмент може бути корисний для інженерів і конструкторів, які займаються проектуванням техніки, що містить приводи постійної потужності, які мають обмеження по крутному моменту.

Література:

1. Александров Е.Е., Волонцевич Д.О., Карпенко В.А. и др. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин. Харьков: Издательство ХГАДТУ, 2001. – 642 с.
2. Волонцевич Д.О., Веретенников Е.А., Костяник И.В. и др. Выбор мощности электропривода легкобронированных гусеничных и колесных машин с использованием одно- или двухступенчатых механических редукторов. Електротехніка і електромеханіка, 2019. №1. С. 29–34.
3. Курмаев Р.Х., Петров С.Е. Использованиеи дробъемных трансмиссий в конструкции автотранспортных средств. Вестник МГТУ «МАМИ», 2009. № 2(8). С. 108-115.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ БАТАРЕЙ В ЯКОСТІ ДОПОМІЖНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВИРОБІВ ЛЕГКО БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

Волосніков С.О., Данильченко В.П., Бондар О.І., Фурсов О.А.

***Державне підприємство «Харківське конструкторське бюро з машинобудування» ім. О.О. Морозова,
м. Харків***

В роботі розглянуто питання підвищення автономності роботи електрообладнання колісної машини, у тому числі засобів зв'язку та іншого спеціального обладнання без пуску основного двигуна при знаходженні машини та членів екіпажу на бойовому чергуванні.

Для вирішення цього питання у складі електрообладнання виробу застосовують: додатковий енергоагрегат, автономний виносний енергоагрегат, а також можливість підключення електрообладнання виробу до зовнішніх мереж живлення. Вказані рішення вже успішно застосовуються на výroбах легко броньованої техніки з колісною формулою 8x8, а саме: БТР-3ДА, БТР-4Е та деяких машинах цих сімейств, наприклад БТР-3КШ, БТР-4КШ та ін.

При цьому у випадку, коли питання стосується легко броньованої техніки з колісною формулою 4x4, наприклад виробу ТКБМ «Дозор-Б», де розміщення додаткового енергоагрегату у складі існуючого виробу без значного збільшення масо-габаритних характеристик та з одночасним збереженням основних тактико-технічних характеристик, а саме: чисельної кількості членів екіпажу, десанту та інших характеристик практично неможливо, питання підвищення енергоємнісних електричних характеристик за рахунок встановлення допоміжних акумуляторних батарей становиться дуже актуальним.

Проведений аналіз показує, що на теперішній час розглядається можливість використання на зразках військової техніки літій-іонних батарей [1] в якості буферного накопичувача енергії. Також застосування літій-іонних батарей розглядається перспективним напрямком для заміни свинцево-кислотних акумуляторів в системі електрообладнання на військових машинах країн НАТО [2].

Висновок: Враховуючі той факт, що основним недоліком літій - іонних батарей (крім значної вартості) є ускладненість зарядки при мінусових температурах, а також враховуючі вимоги тактико-технічного завдання в частині забезпечення роботи при температурі до мінус 40°C, що пред'являються до виробу ТКБМ «Дозор-Б» нам, для проведення подальших випробувань, найбільш підходять літій-іонні батареї Brenergy BT-70939APH фірми «Bren-Tronics».

Література:

1. Brenergy™ High Energy 24V 6t Lithium-Ion Battery Series. URL: <https://www.bren-tronics.com/bt-70939.html>. 2. J. Fassino, Ch. Hacker. Innovation and rapid prototyping to extend silent watch capability for expeditionary and special operations vehicles. URL: <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2017/power/Fassino19405.pdf>.

НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ

Гайдамака А.В., Лукашов.А., Лукашов Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Основна причина виходу з ладу шпонкових з'єднань (ШЗ) – змінання контактуючих поверхонь шпонки та шпонкових пазів. Це спричинює з одного боку необхідність розвитку методу розрахунку ШЗ, а з другого – удосконалення його конструкції.

Сучасний метод розрахунку ШЗ не враховує ряд важливих факторів, що впливають на роботу шпонки, а саме: допуски спряжених деталей, зазори в з'єднанні, шорсткість контактуючих поверхонь. Вказане обумовлює перекося шпонки у шпонковому пазі, проникнення у контактні зони мастила разом з абразивом, різке збільшення контактних напружень та інтенсивне кромкове абразивне зношування і змінання. Під впливом останніх процесів шпонка змінює геометричну форму, утворюються закруглення в зонах контакту.

Уникнути вказаних особливостей роботи шпонки можна за рахунок, по-перше, оптимізації вибору допусків спряжених деталей і зазорів в з'єднанні та шорсткості контактуючих поверхонь, по-друге, підвищення зносостійкості контактуючих деталей, по-третє, уточнення розрахунків вантажної здатності ШЗ. Оптимізація вибору допусків, зазорів та шорсткості повинна враховувати необхідність монтажних і демонтажних робіт зі ШЗ при проведенні ремонту машини чи механізму.

Конструктивні шляхи підвищення працездатності ШЗ сприяли удосконаленню відомих конструкцій (призматичні, сегментні, клинові, циліндричні), а також появі нових конструктивних рішень у вигляді пружних (цільних та складових), розрізних, жорстких спеціальних, профільних та інших шпонок. Деякі з цих шпонкових з'єднання, наприклад профільні, більш технологічні при виготовленні, менш послаблюють вал та маточину деталі. Саме конструкції профільних ШЗ можна вважати найбільш перспективними для подальших досліджень.

ДИСТАНЦІЙНІ ПОСЛУГИ З ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ З РОЗРОБКОЮ ПРОПОЗИЦІЙ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ

**Гайдамака А.В., Музикін Ю.Д., Наумов О.І.,
Татьков В.В., Клітної В.В., Бородін Д.Ю.**
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Кафедрою «Деталі машин та мехатронних систем» у грудні 2020 р. згідно з г/д № 13994 / 20/2020/3540 від 17.09.2020 р. між НТУ «ХПІ» і ПАТ «Запоріжсталь» організовано і здійснено дистанційні послуги з обслуговування та ремонту підшипників ковзання електродвигунів вертикальних валків прокатних станів Тандем, 1680, 1700-1, 1700-2 ЦХП1.

Необхідність такої роботи обумовлена недостатньою надійністю підшипників ковзання через значні важко контрольовані перевантаження у технологічних режимах прокатки і зношеністю механічних та гідравлічних компонентів обладнання. Втрати від простою прокатного стану через вихід з ладу, наприклад у червні 2016 р. підшипника №11 електродвигуна нижнього горизонтального валка, становила орієнтовно 2,5 млн. грн.

Основними задачами курсу були: ознайомлення з особливостями експлуатації підшипників у електродвигунах прокатних станів як складної системи, технічного обслуговування, поточного ремонту, причинами появи пошкоджень, методами регулювання температури підшипників, конструктивними, технологічними та експлуатаційними засобами підвищення надійності.

Навчальна програма являла собою цикл з восьми лекційних і двох лабораторних занять, які проведені для групи обслуговуючого персоналу (майстри та слюсарі). Лабораторні заняття включали ознайомлення з оригінальним устроєм регулювання експлуатаційних параметрів мастила та демонстрацію роботи запатентованого мехатронного вузла контролю аварійного стану підшипника електродвигуна.

По завершенню занять слухачі здали екзамен і отримали сертифікати-посвідчення НТУ «ХПІ».

ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ЗА ТВЕРДІСТЮ МЕТАЛУ В ЛОКАЛЬНИХ ЗОНАХ

**Гайдамака А.В., Музикін Ю.Д., Татков В.В., Клітної В.В.,
Бородін Д.Ю., Наумов О.І.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з найбільш проблемних вузлів механічного приводу є зубчасті передачі, які залежно від умов експлуатації, можуть мати різні пошкодження, що приводять до аварійних ситуацій. Оцінити надійність зубчастих передач приводів відповідальних машин, наприклад редукторів прокатних станів можна лише на основі ймовірнісних методів. В такій постановці проблеми важливим є вибір об'єктивного критерію оцінки технічного стану зубчастих передач.

В цій роботі в якості критерію працездатності зубчастих передач пропонується використовувати твердість металу в локальних зонах зубців, де можливі появи пошкоджень (викришування, тріщини). Саме в локальних зонах поверхневих шарів зубців, де виникають найбільші контактні напруження, справедливий принцип лінійного підсумовування пошкоджень. Здійснюючи моніторинг накопичених пошкоджень металу шляхом вимірювання твердості, можна за аналізом динаміки їх зміни спрогнозувати залишковий ресурс зубчастих коліс.

За вищевказаною концепцією моніторингу розроблено спосіб діагностики технічного стану зубчастих передач, захищений патентом України № 145452 від 10.12.2020 р. В патенті визначено місця розташування локальних зон, послідовність і кількість вимірювання. При виконанні цих умов забезпечується необхідна точність діагностики, а отже достовірність визначення залишкового ресурсу зубчастої передачі і обґрунтоване планування ремонтних робіт.

Запропонований спосіб діагностики зубчастих передач із застосуванням портативних твердомірів відрізняється простотою реалізації в умовах виробництва при планових зупинках обладнання, оперативністю і відносно низькою вартістю.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ РІВНОМІРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВИТКІВ РІЗІ

Гайдамака А.В., Музикін Ю.Д., Татьков В.В., Клітної В.В.,

Бородін Д.Ю., Наумов О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Аналіз конструкцій машин та механізмів великогабаритного енергетичного та гірничозбагачувального обладнання показує, що на різьбові кріплення припадає понад 25% від загальної кількості з'єднань. Тому надійність різьбового кріплення багато в чому визначає безвідмовний процес виробництва, і це можливо тільки в тому випадку, якщо вчасно зберігаються всі параметри, що регулюють умови їх роботи. Одним з таких параметрів є сила попереднього затягування, яка повинна залишатися постійною, що реалізується в умовах рівномірного розподілу осевого навантаження по витках різі.

Невиконання цієї умови приводить до появи максимальних напружень на ділянці між першим і другим витками різі з подальшим, в умовах змінного навантаження, руйнуванням. На практиці забезпечити рівномірний розподіл осевого навантаження по витках різі складно - потрібні конструктивні удосконалення різьбового з'єднання залежно від габаритів та умов експлуатації.

У представленій роботі розглянуто конструкцію болтового з'єднання, яка, змінюючи жорсткість окремих елементів болта і гайки вирівнює навантаження по витках різі. Це конструктивне рішення захищене патентом України № 145454 від 10.12.2020 року.

У запропонованому технічному рішенні в тілі болта виконано ділянки зі зниженою жорсткістю, а гайка включає дві зони: опорну, що сприймає деформації стиску, і різьбову, що має змінну жорсткість по довжині і під дією осевої сили працює на розтяг.

На відміну від аналогічних конструктивних рішень запропонована конструкція забезпечує вирівнювання навантажень по витках різі у перерізах гайки, що суттєво підвищує надійність з'єднання від втомного руйнування.

МЕТОДИ ЕКОНОМНОГО ВИТРАЧАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИЗЕЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Єріцян Б.Х.¹, Козьма В.О.¹, Гулак С.О.², Кондратьєва Л.Ю.³

¹ Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

² Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ,

**³ ТОВ «Миколаївський тепловозремонтний завод»,
м Миколаїв**

В роботі розглянуто питання економії дизельного палива при експлуатації дизельного рухомого складу.

Одним із основних завдань залізничного транспорту є зменшення споживання дизельного палива тепловозами на тягу поїздів і маневрову роботу, отже, поліпшення екологічних показників тепловозів відповідно до вимог міжнародних норм і стандартів.

Паливо на залізничному транспорті витрачається в основному на роботу локомотивів. Витрата палива тепловозом залежить від великої кількості факторів. Умовно їх можна розділити на конструктивні і експлуатаційні.

До перших можна віднести: витратні характеристики дизеля; ступінь відбору потужності на привід допоміжного обладнання; рівень втрат в електричній передачі тепловоза та інші. До експлуатаційних факторів – профіль і план шляху; маса поїздів і їх питомий опір руху; спосіб управління рухом; кліматичні умови, що визначають режим роботи тепловоза. До експлуатаційних факторів слід віднести також якість і циклічність технічного обслуговування і ремонту, від яких залежить стабільність витратних характеристик.

Рухомий потяг взаємодіє з залізничним шляхом та повітряним середовищем. Ці взаємодії створюють некеровану зовнішню силу опору руху, що діє проти напрямку руху. Повний загальний опір є сумою основних і додаткових опорів руху локомотива і вагонів. Застосування лубрикаторів та стаціонарних колійних рейкозмащувачів дозволяє зменшити сили опору руху при проходженні кривих, стрілочних переводів та таким чином знизити витрату палива. Зниженню опору руху сприяє посилення верхньої будови колії, заміна ланкового шляху на безстиківий та інше. Установка автоматичних гребнезмащувачів дозволяє знизити опір руху в кривих ділянках шляху.

З досвіду водіння поїздів колії 1520 мм відомо, що найбільша економія палива досягається при швидкому розгоні поїзда до максимально дозволеної на ділянці, а потім переведенні дизеля на холостий хід при сприятливому профілі.

З вищенаведеного випливає, що економія дизельного палива – це цілий комплекс заходів як конструктивних, та й експлуатаційних, на який крім усього іншого, може впливати і сам машиніст.

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВІВ

Єріцян Б.Х.¹, Овер'янова Л.В.¹, Рябов Є.С.¹, Шкрабов Є.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

**²Білоруський державний університет транспорту,
м. Гомель**

Скорочення витрат на маневрову роботу безпосередньо пов'язано з поліпшенням тягово-енергетичних показників маневрових локомотивів, застосування яких забезпечує більш низьке ресурсо- і енергоспоживання при виконанні маневрових операцій у порівнянні з експлуатованими локомотивами. Важливим також є використання локомотивів з оптимальними тяговими характеристиками.

Підвищення тягово-енергетичних показників маневрових локомотивів забезпечується:

- підвищенням використання зчіпної маси;
- підвищенням енергоефективності тягового електроприводу;
- застосуванням енергоресурсоефективної силової енергетичної установки.

Підвищення використання зчіпної маси забезпечується шляхом застосування раціональних систем зв'язку кузова з візком, використанням групового приводу, а також управління тяговим електроприводом «на межі по зчепленню».

Підвищення енергоефективності тягового електроприводу засноване на застосуванні сучасних електричних машин змінного струму та напівпровідникових перетворювачів, а також оптимізацією їх роботи в залежності від навантаження.

Застосування енергоресурсоефективної силової установки передбачає використання оптимальної за структурою і параметрами гібридної силової установки на основі теплового двигуна (в перспективі - паливних елементів) і накопичувача енергії в поєднанні з оптимальним управлінням силовою енергетичною установкою, що забезпечує її високу енергоефективність і повільне витрачання ресурсу обладнання.

Важливим аспектом в скороченні витрат на маневрову роботу є застосування локомотивів, тягово-енергетичні параметри і характеристики яких найкращим чином підходять для виконання маневрової операції. Це передбачає використання локомотивів, у яких параметри в найбільш важливих режимах роботи знаходяться в зонах, яким відповідають найбільш ефективні режими роботи тягового електроприводу, а управління силовою енергетичною установкою забезпечує живлення тягового електроприводу з мінімальними втратами енергії.

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНИХ ЗАКОНІВ РУХУ

Зінченко О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з центральних питань при проектуванні механізмів є вибір закону руху веденої ланки. Тому перед тим, як обговорювати проблеми оптимізації параметрів окремих механізмів, спочатку необхідно розглянути питання синтезу оптимальних законів руху. Від закону руху залежать якість виконання технологічних операцій, величина інерційних навантажень, а, як наслідок, довговічність механізмів, рівень шуму та вібрацій. Значну роль закон руху відіграє при проектуванні кулачкових і кулачково-важільних механізмів. В цих механізмах від закону руху залежить характер зміни таких величин, як радіус кривизни профілю кулачка і кут тиску, які, в свою чергу, впливають на працездатність механізму. В даний час є велике різноманіття методів синтезу оптимальних законів руху ведених ланок кулачкових механізмів. Наприклад, існує двохетапний метод синтезу, при якому на першому етапі визначається ідеальний закон руху, який мінімізує прийнятну цільову функцію, але не задовольняє ряд обмежень, а на другому етапі знаходиться функція, яка належить до вибраного класу і найкращим чином наближається до ідеального закону. Також існує одноетапний метод, при якому знаходиться серед функцій вибраного класу така, що мінімізує цільову функцію з урахуванням усіх обмежень на проектування.

У світлі системного підходу до проектування, в найбільшій мірі задовольняють закони руху, які описуються сплайнами або алгебраїчними многочленами, частина коефіцієнтів яких знаходиться із граничних умов, а інші коефіцієнти є параметрами, які варіюються. Закони руху, які описуються на всьому інтервалі переміщення веденої ланки одним алгебраїчним многочленом, необхідно застосовувати при невеликій кількості обов'язкових умов синтезу, так, щоб ступінь многочлену при наявності коефіцієнтів, які варіюються, не перевищувала 11-13. В іншому випадку починається нестійкість обчислювання їх коефіцієнтів. Іншим недоліком таких законів є відсутність у них локальних властивостей. Наприклад, зміна значення коефіцієнта прискорення в будь-якій точці інтервалу руху може призвести до великих похибок всього графіка коефіцієнта прискорення. Перевагою законів руху, описаних сплайнами, є можливість одержання графіка швидкості або прискорення веденої ланки будь-якої потрібної форми. Методика синтезу оптимальних законів руху у вигляді сплайнів базується на варіюванні значень швидкості (прискорення) в ряді вузлів сплайну і положення деяких вузлів. Закони руху, які описані як одним алгебраїчним многочленом, так і сплайном, зручні для оптимізації в рамках лінійних динамічних моделей механізмів, які враховують пружну податливість їх ланок, а також можуть бути використані при полідинамічному методі проектування.

ВІДПОВІДНІСТЬ СУЧАСНИХ ТРАКТОРНИХ ШИН І СХЕМНИХ РІШЕНЬ КОЛІСНИХ РУШІВ НОРМАМ ДІЇ ХОДОВИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ҐРУНТ

Кальченко Б.І., Ребров О.Ю., Шевцов В.М., Якунін М.Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Підвищення ефективності та екологічності рушіїв трактора у загальному випадку є протилежно спрямованими, але збільшення площі плями контакту шин позитивно впливає на обидва фактори. Для вирішення задачі підвищення площі плями контакту шини є два шляхи. Перший – експлуатаційний, спрямований на впровадження систем регулювання тиску в шинах (системи Mitas AirCell, CTIS, VIP, VarioGrip), систем розподілу зчіпної ваги трактора (EasyMass, EZ Ballast, VarioPull) та застосування систем здвоєння шин різних конструкцій. Другий шлях – розробка і впровадження інноваційних конструкцій рушіїв таких, як шини високої еластичності категорій IF та VF, технологій типу Michelin Evobib 2 зі суттєво змінною площею контакту, шин PneuTrac з Ω -образним поперечним перетином. За технічними даними виробників тракторних сільськогосподарських шин визначено, що максимальний тиск на ґрунт при мінімально допустимому внутрішньому тиску повітря знаходиться в межах 78-177 кПа, що задовольняє агроекологічним вимогам щодо дії ходових систем на ґрунт на 70-73 % площі сільськогосподарських угідь України.

Встановлено, що при внутрішньому тиску понад 120 кПа (1,2 кгс/см²) жодна шина не буде задовольняти нормам дії ходових систем на ґрунт, оскільки максимальний допустимий тиск на ґрунт на території України становить 210 кПа, а середній тиск на ґрунт перевищує внутрішній тиск повітря в шині залежно від її характеристик на 20-40 кПа.

Виявлено, що особливістю баластування шини рідиною у порівнянні з порожньою шиною є відмінний характер розподілу максимального тиску на ґрунт, який залишається практично постійним при навантагах 75-100 % або 50-100 % від допустимої при заповненні на 75 % і 40 % об'єму, відповідно. При менших навантагах максимальний тиск на ґрунт не знижується, а, навпаки, стрімко зростає. Тому баластування шин рідиною може бути обґрунтовано тільки вичерпаним резервом вантажопідйомності шини та високим значенням допустимого тиску на ґрунт.

Встановлено, що здвоєння тракторних шин є ефективним способом зниження максимального тиску на ґрунт, а не підвищення тягових властивостей трактора. Доведено, що при здвоєнні штатних шин, якими комплектується трактор, досягається низька ефективність, натомість доцільно використовувати спеціально розроблені для здвоєння шини. Суттєвим резервом підвищення екологічності рушія трактора є застосування шин, що допускають низький внутрішній тиск (0,4 бар) при здвоєнні. Але, навіть, здвоєння таких шин дає змогу застосовувати їх тільки на 86-87 % сільськогосподарських угідь України та повністю не вирішує проблему ущільнення ґрунту.

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ГУСЕНИЧНОГО ОБВОДУ З ДЕКІЛЬКОМА ВЕДУЧИМИ КОЛЕСАМИ

Карпов В.О., Воронцов С.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків.*

Сучасний світ все більше переходить на використання в транспортних засобах електродвигунів. Здебільшого усі дослідження і розробки ведуться в напрямку колісних машин. Для гусеничних машин, зокрема для військових і багатоцільових, встановлення одного електродвигуна на борт в більшості випадків недостатньо, та й силова установка виходить дуже великою і складною. Для боротьби з цим недоліком, одним з варіантів є використання кількох ведучих коліс на борт. Це дозволить встановлювати на машину менш габаритні і складні електродвигуни меншої потужності, що істотно здешевлює і подовжує термін служби машини в цілому. Також встановлення декількох електродвигунів залишає машину на ходу при виході одного або декількох моторів з ладу. Встановлення мотор-колів в якості опорних котків надає можливість, при наявності бандажу, рухатися з демонтованої гусеницею по дорогах загального користування, не пошкоджуючи дорожнє покриття.

Проте поведінка гусеничного обводу з декількома ведучими колесами залишається недостатньо дослідженою.

Тому в роботі розглядаються основні процеси, що відбуваються в ходовій частини гусеничної машини. Математична модель гусеничного обводу [1] для дослідження звичайної гусеничної машини з одним ведучим колесом на борт була модернізована з урахуванням ускладнень, пов'язаних з додаванням замість одного ведучого колеса декількох.

Таким чином, всі взаємодії у гусеничному русії (траків і пальців між собою; опорних коліс, підтримуючих роликів і напрямних коліс з траками; ведучих коліс з цевками і гребенями) було зведено до однієї математичної моделі. За допомогою цієї моделі, змінюючи вихідні дані, можна отримати значення всіх сил і моментів, що діють в гусеничному русії та положення основних елементів русія в будь-який момент часу. При цьому до вихідних даних належать: масо-габаритні характеристики основних елементів русія, їх розташування та кількість. Таким чином створюється математичний апарат, що дає можливість передбачити поведінку ходової частини машини загалом та гусеничного русія зокрема, а також оптимізувати конструкцію цих систем залежно від призначення та умов експлуатації гусеничної машини.

Література:

1. Волонцевич Д.О., Богач А.С. К вопросу создания комплексных функциональных математических моделей быстроходных гусеничных машин. *Механіка та машинобудування*, 2001. № 1,2. с. 305-308. 2. Волонцевич Д.О., Богач А.С. Алгоритм моделирования взаимодействия гусеничной ленты и ведущего колеса в процессе создания комплексной функциональной математической модели гусеничной машины. *Вісник НТУ "ХПІ"*. Вип. 10. Т.3. Харків, 2002. с.79-84.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГАСІННЯ ВІБРАЦІЙ З АКТИВНОЮ КВАЗІНУЛЬОВОЮ ЖОРСТКІСТЮ

Клітної В.В., Гайдамака А.В., Наумов О.І., Бородін Д.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Роторні системи багатьох сучасних машин працюють на робочих швидкостях, які лежать вище критичних частот. Віброактивність таких систем може призводити до передчасного виходу з ладу підшипникових вузлів. Для зменшення перевантажень підшипників застосовують пружні опори. Однак опори з відомими пружними елементами, які зберігають форму стійкості, недостатньо ефективно знижують негативні вібрації роторних систем. Отже, виникає потреба розробки і створення пружних опор, які допускають їхню перебудову на різні величини зовнішнього навантаження на підшипник.

Аналітичний підхід до вирішення проблеми віброзахисту роторних систем з пружними адаптивними елементами квазінульовою жорсткості передбачає розробку основ теорії їх функціонування на базі комплексу математичних моделей, які будуть описувати динаміку віброзахисної системи, її електромеханічний стан і електродинаміку активного і керуючих пружних елементів.

На базі аналітичної моделі [1], побудована математична модель, яка описує роботу конструктивної схеми активної пружної опори з адаптивними елементами квазінульової жорсткості представленої в [2].

За допомогою запропонованої системи диференціальних рівнянь електромеханічної моделі активного та керуючого пружних п'єзокерамічних елементів, доповненої граничними і початковими умовами, можна прийти до початково-крайових задач, які є основою математичного моделювання активного і керуючого пружних п'єзокерамічних елементів. Рішення такої математичної моделі дозволяє оцінити реакції керуючих п'єзокерамічних елементів на вхідний зовнішній механічний вплив і реакцію активного елемента на електричний вплив.

Література:

1. Klitnoi V. On the problem of vibration protection of rotor systems with elastic adaptive elements of quasi-zero stiffness / V. Klitnoi, A. Gaydamaka // Diagnostyka. – 2020. – 21(2) – P. 69–75. 2. Патент 145575 Україна. Активний корпус шпинделя [Текст] / Гайдамака А.В., Клітної В.В., Клітної В.В., Наумов О.І., Бородін Ю.Д. – Заявник і патентовласник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; заявлено 30.06.2020; опубліковано 28.12.2020 – Бюл. 24. – 4 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З БЕЗСТУПІНЧАСТОЮ ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Кожушко А.П., Пелипенко Є.С., Трембач О.С, Реброва А.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з напрямів розвитку аграрного сектора є розробка та ефективне використання сучасних тракторів. Як показує тенденції розвитку сучасного тракторобудування, то в агропромисловому секторі доцільно використовувати, як для технологічних, так і для транспортних операцій, універсальні трактори (потужністю 240 – 390 к.с.). Така тенденція пояснюється можливістю охоплення переважної більшості робіт на технологічному та транспортному режимах, що зумовлює підвищення продуктивності колісного трактора.

З розвитком сучасних технологій в галузі тракторобудування можливо помітити тенденцію переходу з механічних до безступінчастих трансмісій – це спонукає до впровадження альтернативних засобів передачі потужності від силової установки до рушіїв. Одним з альтернативних засобів передачі потужності є безступінчата двопотокова гідрооб'ємно-механічна трансмісія (ГОМТ), яка має низьку переваг в порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями – це: безступінчата передача потужності від двигуна внутрішнього згоряння до коліс; можливість гальмування гідрооб'ємною передачею; здійснення швидкого та симетричного реверсу; значно краще автоматизується у порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями, що покращує умови праці водія; підвищення ергономічних показників трактора при виконанні технологічних операцій; підвищення прохідності трактора шляхом безперервного потоку потужності та плавної зміни моменту.

Аналізуючи сучасну наукову літературу в розрізі досліджень динамічних процесів в колісному тракторі з ГОМТ на перехідних (розгін та гальмування) режимах руху, необхідно відзначити, що їх не так і багато. Це пов'язано з багатьма факторами, серед яких складність математичного моделювання коливальних процесів при дослідженні динамічного навантаження на елементи ГОМТ. Така складність базується на виникненні при експлуатації машинно-тракторного агрегату (МТА) випадкових коливань тягової навантаги, амплітуда яких може досягати 30 – 40% від його середнього значення, що обумовлено впливом на рушії трактора нерівностей мікропрофілю дороги, нерівномірністю взаємодії робочих органів сільськогосподарських машин з ґрунтом, впливом транспортованих агрегатів, що мають рухливу масу (цистерни з рідким вантажем). Такий характер динамічного впливу викликає зміну роботи двигуна внутрішнього згоряння, коливання остова трактора, підвищує буксування рушіїв, що призводить до зниження техніко-експлуатаційних показників МТА.

Таким чином, встановлено пріоритетність дослідження динаміки перехідних процесів колісного трактора з ГОМТ, яке покликане надати практичні рекомендації з регулювань роботи ГОП з метою підвищення техніко-експлуатаційних показників МТА.

ДО ПИТАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ З ОПУКЛО-УВІГНУТИМ КОНТАКТОМ

Левін Н. О.¹, Устиненко О. В.¹, Протасов Р. В.², Бондаренко О. В.¹

¹ *Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

² *Словацький технічний університет у Братиславі,*

м. Братислава

Поліпшення якісних показників зубчастих передач, в першу чергу їх навантажувальної здатності, є актуальним завданням сучасного українського машинобудування. Один із шляхів розв'язання цієї задачі є застосування передач з опукло-увігнутим контактом (ОУК) зубців.

В різні часи ряд авторів запропонував такі зачеплення, серед яких слід відзначити англійських інженерів Ф. Бостона, С. Брамлі-Мура (1921), американського інженера Е. Вільдгабера (1923), італійця А. Роано (1947), словацьких вчених М. Бошанські та М. Вереша, українських вчених І.Є. Гриця, О.С. Вітренко, П.Л. Носко, В.П. Шишова та А.І. Павлова.

Але на наш час не існує системи призначення параметрів зачеплень з ОУК, при яких забезпечується суттєве підвищення навантажувальної здатності; не проведено детального аналізу впливу якісних показників різних типів зачеплення на навантажувальну здатність приводу.

Одним з перспективних напрямів на шляху вирішення цього питання є призначення параметрів зачеплення за допомогою методів математичної оптимізації. Змінюючи ці параметри з урахуванням конструктивних, геометричних та технологічних обмежень, можливо отримати передачу з мінімальними контактними напруженнями (мінімальні габарити), або з мінімальними значеннями відносних швидкостей ковзання профілів (максимальна зносостійкість), або знайти компромісний варіант, який буде задовольняти максимальній зносо-контактній витривалості.

Таким чином, метою дослідження є розробка методів оптимального проектування циліндричних передач з опукло-увігнутим контактом робочих поверхонь зубців за критерієм мінімальних контактних напружень або мінімальних відносних швидкостей ковзання з урахуванням конструктивних, геометричних та технологічних обмежень.

Очікуються наступні результати:

– наукові: математична модель та методи оптимізації зубчастих передач з ОУК за критеріями мінімальних контактних напружень та відносних швидкостей ковзання;

– практичні: прикладна методика оптимального проектування, основні геометричні та конструктивні параметри оптимізованих зачеплень.

РОЗВИТОК МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОЗДОВЖНЬО-КУТОВИХ, ВЕРТИКАЛЬНИХ ТА ПОЗДОВЖНИХ КОЛИВАНЬ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА В АГРЕГАТІ З НАПІВПРИЧЕПОМ

Мамонтов А.Г., Ребров А.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Для дослідження плавності ходу системи машино-тракторного агрегату, при виконанні транспортних робіт, необхідно скласти узагальнену математичну модель поздовжньо-кутових, вертикальних та поздовжніх коливань колісного трактора в агрегаті з напівпричепом. Така модель повинна бути адекватною, тобто враховувати конструктивні особливості тракторних поїздів, а саме їх геометричні та інерційно-масові характеристики, особливості системи підресорювання та ходової системи колісних тракторів, конструкцію тягово-зчіпного пристрою та його розташування відносно мостів трактору та напівпричепа, вплив навантаги напівпричепа на задній міст трактора, а також характеристики зовнішніх збурювань, виникнення яких обумовлено типом та фізичним станом дорожнього покриття.

Широко відомі роботи, присвячені дослідженню плавності ходу самохідних машин із причепами, ґрунтуються на допущенні абсолютно жорсткої та без зазору зчіпки з тягачем. Таке допущення не відповідає реальним умовам руху, оскільки доведено, що в зчіпному пристрої типу «гак-петля» завжди є присутнім зазор у незалежності від конструкції зчіпного пристрою й ступеня його зношеності. Наявність зазору негативно впливає на показники плавності ходу та динамічну навантаженість ходової частини тягача.

Таким чином, при оцінці плавності ходу машино-тракторного агрегату з напівпричепом нехтувати наявністю зазору в тягово-зчіпному пристрої неприпустимо.

При складанні математичної моделі руху колісного трактора в агрегаті з напівпричепом необхідно враховувати особливості конструкції тягово-зчіпного пристрою, його пружні та дисипативні характеристики. Отже силу, що діє в шарнірі зчіпного пристрою трактора та напівпричепа запропоновано визначати за формулою

$$F_{\text{ш}} = \tilde{N}_1 \cdot \Delta_{\text{ш}} + \tilde{N}_2 \cdot \Delta_{\text{ш}}^2 + K_{\text{ш}} \cdot \dot{\Delta}_{\text{ш}},$$

де C_1 та C_2 – коефіцієнти, що отримані апроксимацією експериментальних даних; $\Delta_{\text{ш}}$ – контактне зближення ланок зчіпного пристрою трактора та напівпричепа з урахуванням наявності зазору; $K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт, демпфування в шарнірі; $\dot{\Delta}_{\text{ш}}$ – швидкість контактного зближення ланок зчіпного пристрою трактора та напівпричепа.

Таким чином, урахування конструктивних характеристик тягово-зчіпного пристрою, а саме його пружних та дисипативних характеристик, а також наявності зазору між його ланками дає можливість найбільш точно прогнозувати показники плавності ходу самохідної машини на етапі проектування.

СТОСОВНО ПІДВИЩЕНОГО ЗНОСУ БІЧНИХ ГРАНЕЙ РЕЙОК

Маслієв В. Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Проблема зносу бічних граней рейок залишається актуальною. Виявлено багато факторів, що впливають на це. Розглянемо один з них, який вважається фахівцями як «істотний». Вантажні вагони обладнано двовісними візками моделі 18-100 або його модифікаціями. Візки триелементні: вони складаються із двох бічних рам і поперечної надресорної балки, що спирається на них через пружні ресори. Сила від ваги кузова розподіляється практично порівну на усі колеса візка. Це забезпечує безпеку руху по вкочуванню гребенів коліс на рейки навіть у вагонів, які рухаються без вантажу.

Однак цим візкам притаманний органічний недолік: ліва і права бічні рами візка не мають між собою жорсткого зв'язку, а між її трьома складовими частинами навіть на нових візках є значні зазори, які є також між щелепами і корпусами букс. Тобто замість жорсткого «утримуючого» зв'язку між його частинами (як у візків пасажирських вагонів), реалізується вільний зв'язок з пружною складовою та зазорами. Це призводить при русі вагона до появи поздовжніх коливань бічних рам, тобто їх взаємних «забігань» від дії поздовжніх складових сил тертя, що діють на контактах коліс із рейками. Тому часто спостерігається втрата рамою візка геометрії і появи значних (до двох градусів) перекосів осей колісних пар відносно поздовжньої осі рейкової колії на прямих ділянках, та, згідно до теорії руху та експерименту, додається до кутів набігання гребнів на рейки у кривих ділянках колії. У експлуатації спостерігається майже десятикратне зростання кутів набігання гребенів на рейки (від десятих часток градуса за кресленням – до двох градусів), що відповідно збільшує зноси бічних граней рейок в наслідок зменшення площини контакту гребенів із бічними гранями рейок, що викликає таке ж саме підвищення на ньому питомого тиску, а, отже, і зносу.

Для порівняння, Асоціація американських залізниць не допускає перекоси осей більші за $0,17$ град.

Цікаво, що жорсткий зв'язок між бічними рамами візка у вигляді балки, було усунено у 1944 р., що згодом створило великі проблеми в частині зносу бічних граней рейок. Нажаль, навіть у візків «нового покоління», принципова конструктивна трьохелементна схема рами залишилася незмінною: не вирішується головна проблема, яка полягає у органічно властивому візку із трьохелементною рамою конструктивному недоліку – появі взаємних забігань бічних рам, та перекосами осей колісних пар у колії.

Вирішення проблеми ми бачимо у поверненні жорсткого зв'язку між бічними рамами візка, але на сучасному технологічному рівні: він повинен забезпечувати збереження геометрії рами візка в площині колії і, водночас, бути достатньо гнучким у вертикальній площині, а здійснювати його монтаж необхідно в умовах технологічного стенду, який гарантує номінальну установку колісних пар згідно до креслення візка.

РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗНИЖЕННЯ РОЗМІРНОСТІ ЗАДАЧ АНАЛІЗУ НАВАНТАЖЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Назаренко С.О., Ткачук М.А., Марусенко О.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При час розробки сучасних транспортних машин, необхідно вводити у постановку задач комплексні багатодисциплінарні моделі функціонування виробів і критерії якості робочих та експлуатаційних характеристик [1, 2]. При розробці системного підходу необхідно враховувати всі етапи життєвого циклу транспортних машин – від проектування до утилізації; ефективно поєднувати принципи композиції, ієрархічності та декомпозиції. Сучасні транспортні машини створюються як комбінація множини взаємодіючих між собою і з зовнішнім середовищем конструктивних елементів, яка описується досить складною математичною моделлю. При аналізі складових конструкцій об'єм і складність розрахунку настільки великі, що необхідно сегментування системи. Конструкція представляється у вигляді сукупності ієрархічно субпідрядних підсистем різних рівнів зі збереженням структур і приналежності. Дослідження всієї конструкції можна базувати на незалежному аналізі природно заданих субструктур, а потім об'єднувати ці підконструкції у єдину систему. Цей підхід робить можливим вилучення з повної розрахункової моделі певної її частини, перестроювання сітки і більш детальний аналіз для виділеної області. Це може підвищити ефективність чисельного моделювання, так як спочатку робиться аналіз для грубої сітки, а потім для області, що цікавить, подрібнюється сітка і уточнюється аналіз. При цьому можна отримати більш точну інформацію для частини машини, не збільшуючи складність повної її моделі.

Способи зниження розмірності задач і зменшення часу аналізу складових конструкцій можна умовно розділити на розрахунок окремих елементів як зосереджених чинників, суперелементний підхід (статична конденсація і динамічне редукування), урахування симетрії і регулярності. Повна або часткова статична конденсація внутрішньої області сектора багатокомпонентної поворотно–симетричної конструкції принципово не модифікує методику розв'язку. Коригування чисельної моделі аналізу машинобудівної конструкції повинно проводитися незалежно для кожної підконструкції, тому структуру даних необхідно організовувати ієрархічно. Урахування повторюваності підсистем призводить до значного зменшення кількості арифметичних операцій та істотного зниження обсягів збереженої і оброблюваної інформації. Наведені приклади реалізованих прикладних інжинірингових розробок і проектування промислових виробів.

Література:

1. Simson E. A., Nazarenko S. A. Strength and dynamic analysis multicomponent cyclically symmetric structures (rolling bearings). Bulletin of NTU "KhPI". Series: Dynamics and strength of machines. Kharkiv: NTU "KhPI", 2016. № 26 (1198). Pp. 71-74.
2. Назаренко С. А. Многодисциплинарный анализ чувствительности для исследования жизненного цикла изделия. Физические и компьютерные технологии: тр. 11-й Междунар. научно-технической конф. Харьков, 2005. С. 29–34.

ПРИМІСЬКИЙ ПОТЯГ НА ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ І З ІНЕРЦІЙНИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ

Омельяненко В.І., Рябов Є.С., Овер'янова Л.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Паливні елементи (ПЕ) в якості ефективних і екологічно чистих систем електроживлення в даний час викликають інтерес з метою їх застосування для приведення в рух залізничних транспортних засобів шляхом заміни на не електрифікованих ділянках звичайних дизельних поїздів. В існуючих проектах в якості накопичувачів розглядаються тільки літій-іонні батареї.

В якості накопичувача енергії для тягового електроприводу з джерелом живлення від батареї ПЕ застосовано інерційний накопичувач енергії (ІНЕ) з системою електромеханічного перетворення енергії.

Створено математичну модель тягового електроприводу з ПЕ і ІНЕ як комплекс алгебраїчних рівнянь, що описують електричні процеси в блоці ПЕ, диференціальних рівнянь руху електрорухомого складу (ЕРС) спільно з функціями зв'язків, а також електромеханічного перетворення енергії тягового блоку, що містить ІНЕ.

Встановлено, що потужність джерела живлення у вигляді ПЕ, а також ІНЕ на один вагон поїзда масою тари 92 т, що рухається з максимальною швидкістю 34,4 м/с, повинна бути не менше 260 кВт і забезпечувати в номінальному режимі роботи в ланці постійного струму напругу на рівні 1000 В. Маховик кожного ІНЕ повинен акумулювати при гальмуванні енергію обміну не менше 7,25 кВт·г.

Дев'ять включених послідовно блоків ПЕ на кожному вагоні забезпечать потужність живлення 280 кВт в інтервалі напруг 540...1080 В при зміні навантаження від 0 до 500 А. Батарея, розміщена в контейнері розміром 2,2х1,5х0,4 м, буде важити 650 кг, і може бути розміщена на даху вагона.

Використання ІНЕ потужністю 270 кВт, з енергією обміну 26 МДж в інтервалі частот обертання кільцевого маховика 1071 ... 421с⁻¹ масою 674 кг в найпростішому транспортному циклі без урахування раціональних співвідношень параметрів блоку управління показав досить відчутний ефект – економію 24,5% водню.

Проведені дослідження виконано на базі математичної моделі тягового електроприводу поїзда на ПЕ з ІНЕ, яку слід розглядати як базову, оскільки вона описує процеси роботи ЕРС в умовах ідеального транспортного циклу на майданчику, без ухилів, кривих і відсутності режиму вибігу.

Для досліджень поведінки ЕРС в умовах, наближених до реальних, необхідно на базі розроблених систем рівнянь створити об'єднану систему рівнянь, за допомогою якої зв'язати роботу всіх блоків системи тягового електроприводу, включаючи роботу перетворювальних агрегатів напівпровідникових пристроїв, з координатами шляху як у часі, так і в просторі.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ПРЯМОЗУБИХ ПЕРЕДАЧ З ЕВОЛЮТНИМ ЗАЧЕПЛЕННЯМ

Протасов Р. В.¹, Устиненко О. В.², Бондаренко О. В.², Левін Н. О.²

**¹Словацький технічний університет у Братиславі,
м. Братислава,**

**²Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків**

Одним із важливих етапів розробки зубчастих передач з новим видом зачеплення є проведення стендових випробувань. Сучасні методи комп'ютерного моделювання силового навантаження дають досить достовірний результат, але вони не в повній мірі враховують сукупність таких параметрів, як: шорсткість поверхні, точність профілю по висоті та по ширині зубця, систему змащення, поверхневе зміцнення, нагрів, деформацію елементів зубчастого колеса, валу, підшипників тощо. Звісно, всі ці параметри можна врахувати в комп'ютерній моделі, але їх фактичні значення невідомі без проведення попереднього експерименту.

Поєднання аналітичного розрахунку еволютної зубчастої передачі та комп'ютерного моделювання навантаження з натурним випробуванням дозволить зробити корекцію математичної моделі та наблизити її до результатів стендового експерименту.

У роботі проведено експеримент на контактну витривалість та контактну міцність при дії максимального навантаження. Був використаний стенд із закритим потоком потужності.

При визначенні контактної втомної міцності зубців було встановлене максимальне допустиме напруження, при якому під дією змінних навантажень не відбувається утворення поверхневих дефектів на зразку за час проходження бази випробувань. Розрахункову величину напруження визначали за ГОСТ 21354-87. Випробування проводилися на зразках, виготовлених з матеріалу зубчастого колеса та термооброблених за відповідною технологією, що забезпечує твердість і структуру по глибині зразка, ідентичним зубчастим колесам. База випробувань на визначення контактної втомної міцності зубів коліс – ГОСТ 34510-2018 "Колеса зубчасті тягових передач тягового рухомого складу. Методи визначення згинальної і контактної втомної міцності циклів випробувань".

Отримано контактні відбитки зубців, які були перераховані в напруження по Мізесу та зіставлені з величинами контактного тиску, розрахованими аналітично та методом скінченних елементів. Різниця результатів склала менш ніж 20%, це дозволяє зробити висновок про достатню точність комп'ютерного моделювання. Отримані дані будуть внесені у математичну модель зубчастої пари для подальших розрахунків з метою наближення теоретичних результатів до експериментальних.

МЕТОД АПРОКСИМАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИТРАТИ ПАЛИВА ДИЗЕЛЬНИМ ДВИГУНОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗГІДНО ПРОТОКОЛУ OECD CODE 2

Ребров О.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Розроблений уточнений метод апроксимації характеристики питомої витрати палива дизельного двигуна, що базується на результатах гальмівних випробувань тракторних двигунів, відповідно до протоколу OECD Code 2:

$$g_{ek} = g_{ном} \cdot k_N \cdot k_{\omega} + f_{gek}(\varepsilon_{\omega}, \varepsilon_M, M_{\omega i}, M_{Mi}, \sigma_{\omega i}, \sigma_{Mi}, \tau_i), \quad (1)$$

де $g_{ном}$ – питома витрата палива у номінальному режимі; k_N, k_{ω} – апроксимаційні функції поліномом та сплайном відповідно.

Друга складова (1) визначалась на підставі різниці розрахункових та експериментальних даних щодо витрати палива на 5-ти часткових режимах згідно протоколу OECD Code 2 (див. рис. 1 і табл. 1) з використанням функції щільності ймовірності двовимірного нормального розподілу випадкових величин з відповідними параметрами $M_{\omega i}, M_{Mi}, \sigma_{\omega i}, \sigma_{Mi}$, та уточнюючих коефіцієнтів:

$$\tau_i = 2 \cdot \pi \cdot \Delta_i \cdot \sigma_{Mi} \cdot \sigma_{\omega i}, \quad (2)$$

де Δ_i – різниця експериментальних і теоретичних значень питомої витрати палива на 5 часткових режимах.

Таблиця 1 – Часткові режими випробувань двигунів за протоколом OECD

№ режиму	Відносна кутова швидкість ε_{ω}	Завантаження за потужністю ε_N
1	>1 (ЗПХ)	0,8
2	0,9	0,8
3	0,9	0,4
4	0,6	0,6
5	0,6	0,4

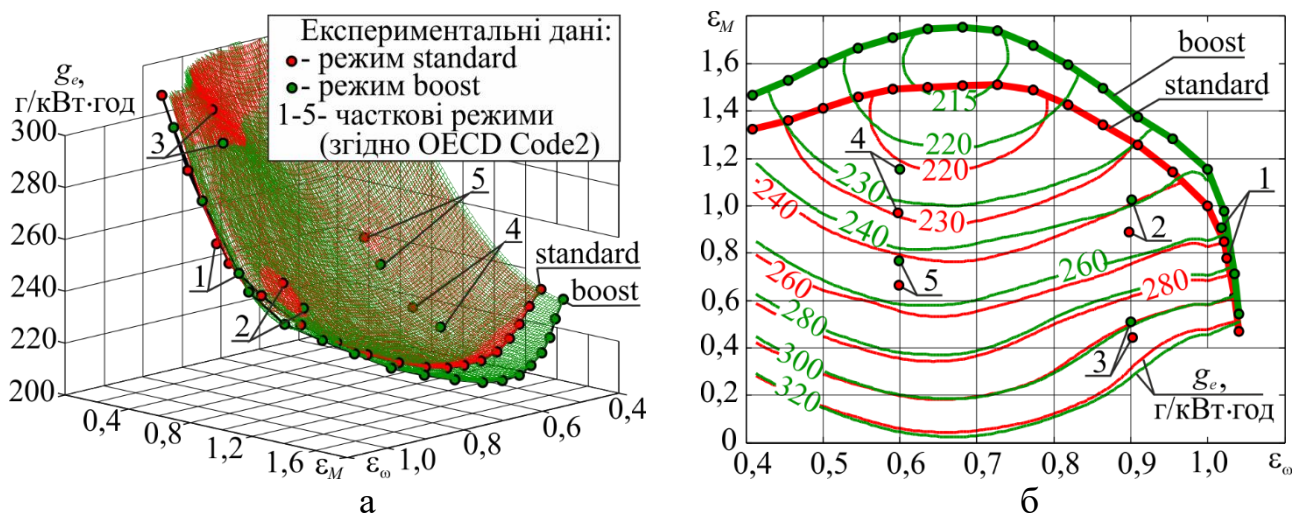


Рис. 1 – Приклад моделі витрати палива двигуном трактора New Holland T6.180 в режимі standard і boost: а – поверхні g_{ek} ; б – контурні графіки g_{ek}

БЕЗСТУПІНЧАСТА ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНА ТРАНСМІСІЯ РОЗРОБКИ НТУ «ХПІ» З НЕЗАЛЕЖНИМ ВАЛОМ ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ТРАКТОРІВ ХАРКІВСЬКОГО ТРАКТОРНОГО ЗАВОДУ

Самородов В.Б., Єпіфанов В.В., Аврунін Г.А., Пелипенко Є.С., Гармаш Д.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Авторами запропоновано гідрооб'ємно-механічну трансмісію (ГОМТ) з механізмом незалежного валу відбору потужності (ВВП) для тракторів виробництва АТ «ХТЗ». Механізм ВВП повторює технологічно (це важливо з точки зору уніфікації і фінансових витрат!) конструкцію механізму, який забезпечує прямолінійний рух (рис.1, поз. 2,3,4) трактора. ВВП підключається за допомогою фрикціона Φ і працює як подовження водила планетарного ряду 4 (рис.1).

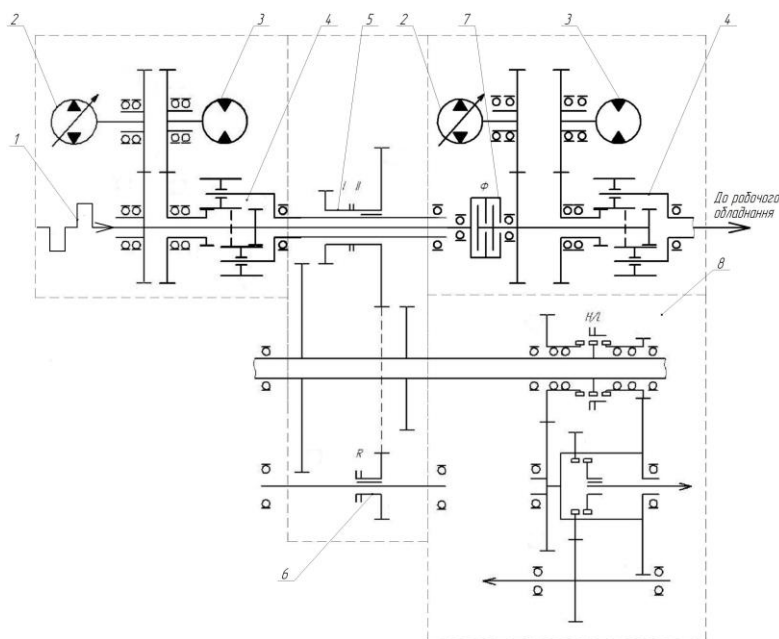


Рис. 1 – Безступінчастий вал відбору потужності у складі трансмісій ГОМТ-1С, ГОМТ-2С для тракторів виробництва АТ «ХТЗ».

У двопотокових ГОМТ з диференціалом на виході при зміні параметра регулювання в інтервалах $(-1; 0,9)$ має місце циркуляція потужності і зворотний її потік через ГОМТ, що знижує ККД на ВВП. В інтервалі $(0,9; 0,1)$ - особлива зона ГОМТ - потужність проходить тільки по механічній гілці ГОМТ і на ВВП максимальний ККД. Обороти ВВП пропорційні середнім оборотам вала гідромотора 4. В інтервалі $(0,1; 1)$ - потужність проходить по гілках ГОМТ паралельними потоками - ККД на ВВП близький до максимального. Обороти ВВП ростуть пропорційно зростанню параметра регулювання ГОМТ і зростанню оборотів вала гідромотора 4 (рис.1) до їх максимального значення. Передавальне число на входному редукторі перед ВВП вибирається так, щоб в зоні високого ККД виявилися сучасні стандартні швидкості ВВП 540, 1000, 1500 хв^{-1} при забезпеченні незалежного безступінчастого управління ВВП в широкому діапазоні, що підвищує ефективність ВВП і трактора в цілому.

**МЕТОД ВИБОРУ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ
ДЛЯ ЕЛЕКТРОТРАКТОРІВ**
Самородов В.Б., Краснокутський В.М., Ткачов В.Ю.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Через високий рівень забруднення довкілля весь світ займається розробками більш нових, більш екологічних джерел електроенергії, тому сама область електроенергетики швидко прогресує, та майже щомісяця анонсують про випробовування та створення більш містких акумуляторних батарей (АКБ) [1], що є величезним плюсом для розвитку електротракторів, адже, як і раніше, акумуляторні батареї, є найвпливовішим компонентом електротранспорту в ціні, в роботі та надійності. Досить висока ціна на акумулятори - головна причина того, чому в світі до сих пір переважають транспорт на ДВЗ.

Вже в даний час різноманітність АКБ дозволяє вибрати його під будь-який випадок. Існує значна кількість типів АКБ, жодна з них повністю не відповідає всім вимогам, а саме: мають недостатню ємність, великий час для підзарядки, малу питому енергію та ін.

На сьогодні немає чіткого критерію вибору оптимальної АКБ для електротрактора, тому для визначення кращого типу АКБ пропонуємо порівняти їх параметри (характеристики, ціну, доступність та ін.) та задіяти для цього деякі особливості методу Парето [2].

Метод дозволяє проаналізувати всі можливі варіанти, визначити головні переваги та недоліки кожного типу АКБ, виявити основні причини невідповідності, виключити явно невідповідні об'єкти, та зрозуміти проблему взагалі для прийняття оптимального рішення [3]. Тобто, маємо наступну властивість: будь-який з об'єктів, що входять в безліч, хоча б за одним критерієм краще будь-якого іншого об'єкта, що входить в цю множину.

У даній роботі визначили метод вибору тягового типу АКБ для електротракторів.

Література:

1. Анод з кремнієм підвищить місткість літій-іонних акумуляторів до 10 разів. URL: <https://ecotech.news/energy/743-anod-z-kremniem-pidvishchit-mistkist-litij-ionnikhakumulyatoriv-do-10-raziv.html> (дата звернення: 14.03.2021). 2. Арбузов С. Г., Колобов Ю. В., Міщенко В. І., Науменкова С. В. Закон Парето // Банківська енциклопедія. — Київ : Центр наукових досліджень Національного банку України : Знання, 2011. 504 с. 3. Гродзенский С.Я. Управление качеством: учебник. М.: Проспект, 2017. 224 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗСТУПІНЧАСТИХ ГІДРООБ'ЄМНО- МЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ШАСІ

Самородов В.Б., Мандрика В.Р., Островерх О.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Як відомо на сьогоднішній день в автомобілебудуванні найбільш розповсюджені такі типи трансмісій, як механічні, автоматичні, електромеханічні, варіаторні. Застосування безступінчастих гідрооб'ємно–механічних трансмісій (ГОМТ) в автомобілебудуванні є одним з перспективних напрямів удосконалення конструкції автомобільних шасі.

ГОМТ на автомобілях надає наступні переваги: незалежне розташування агрегатів трансмісії, що дозволяє найдоцільніше розмістити їх на машині; високі захисні властивості трансмісії, тобто надійне оберігання від перевантажень двигуна і системи приводу робочих органів завдяки установці запобіжних і переливних клапанів; підвищує прохідність в результаті безперервного потоку потужності та плавної зміни моменту; знижує динамічні навантаження в трансмісії при змінних режимах роботи; підвищення середніх швидкостей руху по бездоріжжю за рахунок кращого використання потужності двигуна внутрішнього згоряння.

В якості прототипу в роботі використовувалось шасі автомобіля КрАЗ-6322. Аналізуючи шасі встановлено, що даний тип шасі знайшов широке застосування, як в цивільній, військовій, поліцейській і спеціальній галузях.

В ході роботи складена кінематична схема КрАЗ – 6322, розроблена кінематична та структурна схема безступінчастої ГОМТ з диференціалом на вході для шасі КрАЗ. Розроблена математична модель ГОМТ у складі шасі автомобіля КрАЗ, і визначені її кінематичні та силові параметри, для визначення яких створена програмна реалізація, що розроблена в системі MATLAB за допомогою підсистеми моделювання процесів Simulink [1,2]. Згідно технічної характеристики машини розглядалися наступні види її експлуатації, а саме: при спорядженій масі автомобіля; при повній масі автомобіля; при роботі з причепом в 30000 кг; при транспортуванні літака на злітній смугі. В ході моделювання роботи трансмісії розглядалися наступні режими роботи: подолання підйому автомобіля в транспортному режимі руху на кут 30° (коефіцієнт опору руху дорівнює 0,65), рух автомобіля на сухому піску в транспортному режимі руху (коефіцієнт опору руху дорівнює 0,25), руху автомобіля на ґрунтовій дорозі в транспортному режимі руху (коефіцієнт опору руху дорівнює 0,05).

Література:

1. Самородов В.Б., Островерх А.О. Повышение эффективности работы подъемных автомобильных установок с использованием бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий. Східно-Європейський журнал передових технологій, 2014. №6(72). С. 37-44. 2. Мандрыка В.Р., Островерх А.О., Пелипенко Е.С., Литвин А.Б. Анализ технологического режима работы бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии с использованием зарубежных гидроагрегатов автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин. Вестник НТУ "ХПИ»: Харьков, 2013. №31(1004). С. 52-59.

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОРОТОРНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПРИВОДА ВЕДУЧИХ КОЛІС АВТОМОБІЛЯ

Сергієнко М.Є.¹, Любарський Б.Г.¹, Пастущина М.І.¹, Перевозник І.А.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²Харківський державний автомобільно-дорожній коледж,

м. Харків

Електродвигуни з двома роторами, хоча поки і рідко використовуються, добре відомі в галузі автомобілебудування. В даному типі електродвигуна обидва ротора розташовані коаксіально в нерухомому статорі.

Коли двигун з двома роторами знаходиться під напругою і електричний струм тече через його обмотки, взаємодія між електромагнітними силами статора і якоря змушує два ротора обертатися і генерувати механічну енергію. Особливістю двороторного електродвигуна є те, що два ротори можуть обертатися з абсолютними різними швидкостями в залежності від опору на кожне колесо [1]. Так само перевагою є можливість обертання кожного з двох валів двомоторного електродвигуна з різними швидкостями. Це в свою чергу сприяє реалізації електронного диференціала в транспортному засобі.

Коли двороторний електродвигун включений в систему роздільного приводу, два ротора приводять в рух два колеса ведучого моста відповідно через дві механічно незалежних приводні передачі, що мають однакові передавальні числа редуктора. Дві приводні передачі виконані з можливістю забезпечення однакового напрямку обертання двох коліс ведучої осі [2].

У такій конструкції двороторний двигун створює по суті необхідні тягові зусилля на обох ведучих колесах, забезпечуючи при цьому різні швидкості обертання коліс під час повороту транспортного засобу або при русі автомобіля в складних дорожніх умовах. Таким чином, система приводу коліс автомобіля з двороторним тяговим двигуном не вимагає механічного міжосьового диференціала [3].

В роботі проаналізовані переваги і недоліки застосування двороторного електродвигуна на автомобілях та інших колісних транспортних засобах. Проведена оцінка діапазону зміни моментів на правому і лівому роторах при зміні частоти обертання, ковзання та активного опору магнітопроводу електродвигуна. Визначено можливість використання його в приводі ведучих коліс та роботи в системі роздільного приводу коліс транспортного засобу.

Література:

1. S. Sinha, N.K. Deb, N. Mondal and S.K. Biswas, Design and performance of a single stator, dual rotor induction motor. Proceedings of IEEE PEDS'07, 2007, pp. 1163-1166.
2. Сергієнко М.Є., Любарський Б.Г., Пастущина М.І., Косарев О.В. Вимоги до приводу ведучих коліс автомобіля з двухроторним електродвигуном // Тези доповідей XXVIII Міжн. н-практ. конф. MicroCAD-2020. Ч.І. Харків: НТУ «ХПІ», 2020 С. 202.
3. Сергієнко М.Є., Любарський Б.Г., Пастущина М.І. Математическое моделирование электропривода колес автомобиля с двухроторным электродвигателем. тезисы доповідей XXVI Міжн. н-практ. конф. MicroCAD-2019. Ч.І. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. С. 208.

КІНЕМАТИЧНИЙ ТА СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПРИВОДУ ЗДВОЄНОГО ЗЧЕПЛЕННЯ

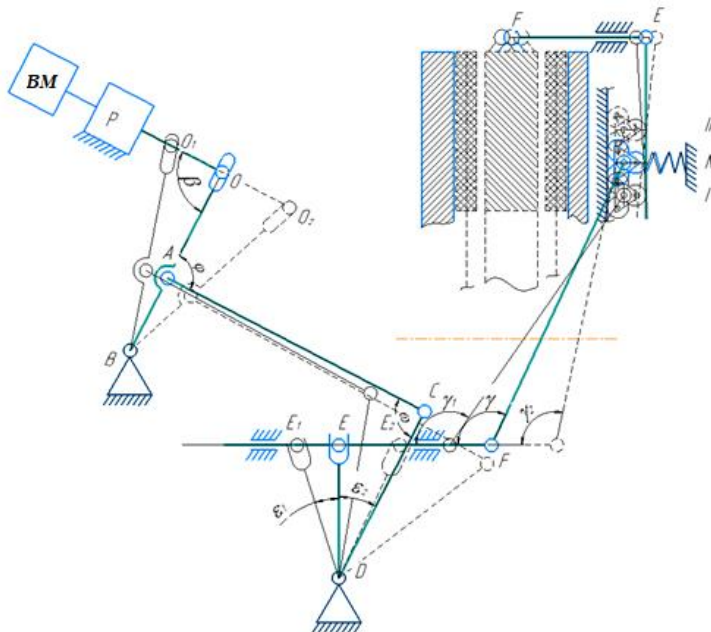
Сергієнко М.Є.¹, Сергієнко А.М.², Гасанов М.І.¹, Свідло В.С.¹, Алтухов
П.М.³

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», ТОВ «Інтехресурс»², м. Харків,
Філія Класичного приватного університету³,
м. Кременчук*

Якість управління автомобілем впливає на безпеку руху, витрати енергії ДВЗ і водія та показники роботи. Одним з таких об'єктів дослідження є привід зчеплення у складі механічної або роботизованої трансмісії, який найбільш частіше задіяний при початку руху, зупинці та частому переключенню зчеплень та передач для підтримання оптимального режиму роботи двигуна. На даний момент прогресивною є роботизована трансмісія зі здвоєним зчепленням. Сучасні здвоєні зчеплення за рахунок своєї складної конструкції [1, 2] вимагають витрати значної енергії на привід керування. Також зі збільшенням моменту ДВЗ зростають витрати енергії на привід. Тому розглядається оригінальне зчеплення [3], в якому витрати енергії на управління значно зменшені.

Кінематика привода керування зчепленнями повинна забезпечувати необхідну швидкість перемикавання (включення) зчеплень (виконавчі пристрої керування повинні забезпечувати час включення не більш 0,1-0,25с), слідкуючу дію при зрушенні, допустимі зусилля та необхідні переміщення відповідних елементів привода, високий ККД, мінімальні витрати енергії на керування [3].

На підставі аналізу варіантів приводів зчеплень [4, 5 та ін.] була розроблена схема привода (рис. 1) оригінального здвоєного зчеплення [3].



ВМ – виконуючий механізм; Р – редуктор (перетворювач)

Рис. 1 – Кінематична схема привода сухого здвоєного зчеплення

Дане зчеплення відрізняється від відомих здвоєних зчеплень кінематикою приводу та роботою виконуючого пристрою. Конструкція приводу сухого здвоєного зчеплення та запропонований механізм приводу потребує меншої енергії на кожне вмикання і вимикання зчеплень [6]. Основною перевагою запропонованої конструкції є суттєве поліпшення енергетичної ефективності приводу за рахунок того, що включення кожного з зчеплень відбувається завдяки сил натискних пружин, які постійно діють на натискний диск, а витрати енергії на привід значно зменшені за рахунок подолання тільки сил кочення і необхідності витрат лише в момент перемикавання або виключення зчеплень.

Для прийнятої схеми приводу були складені аналітичні залежності кінематичних і силових зв'язків між її окремими елементами та встановлені параметри руху усіх елементів приводу. Силовий розрахунок показав навантаженість елементів приводу.

По показникам руху і зусиллю на вхідній ланці було визначено умови необхідності використання перетворювача (редуктора або іншої передачі) в схемі, а також необхідна потужність виконуючого механізму.

При дослідженні кінематики приводу визначені переміщення шарнірів усіх ланок механізму та їх положення в кожному момент часу друг відносно друга. Це дає можливість розрахунку прискорення його елементів для визначення часу включення зчеплень, впливу сил інерції. Для компоновки приводу проаналізовано вплив відношення плечей важелів на параметри руху та зміну зусилля.

На основі результатів аналізу кінематики та силового розрахунку механізму привода розроблені рекомендації по вибору типу виконуючого механізму, його потужності, яка необхідна для реалізації алгоритму роботи під час включення та перемикавання зчеплень.

У пріоритеті є електромеханічний привід. Оскільки така схема є максимально надійна та технологічна у виробництві, обслуговуванні та ремонті за рахунок відносної простоти, можливості реалізації необхідного закону включення та перемикавання зчеплень.

Література:

1. Принцип работы КПП с двойным сцеплением (коробка передач DSG). URL: <http://autorelease.ru/articles/109-automobile/1249-princzip-raboty-kpp-s-dvojnym-schepleniem-dsg.html>.
2. Сергієнко М.Є., Свідло В.С., Кузьменко Л.В. Аналіз сучасних конструкцій здвоєних зчеплень транспортно-тягових машин. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2018. № 49 (1325). С. 50-57.
3. Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Худолій О.І. Пат. на винахід 101711, Україна. Двопотокова муфта зчеплення. 2011.
4. Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Худолій О.І., Ткачук М.А., Гасанов М.І., Павлова Н.М., Ткаченко О.О. Пат. на винахід 114964, Україна. Пристрій для керування двопотоковою муфтою зчеплення транспортного засобу. 2017.
5. Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Худолій О.І., Гасанов М.І., Гапон А.І., Павлова Н.М. Пат. на винахід 118124, Україна. Система керування муфтою зчеплення транспортного засобу. 2018.
6. / Сергієнко М.Є., Свідло В.С., Перевозник А.С. Оцінка енергетичних витрат на управління зчепленнями трансмісії. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2020. № 1. С. 52-58.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ПРИСТРОЇВ КАБІНИ КОЛІСНОГО ТЯГАЧА ТЯГОВОГО КЛАСУ 3-4

Сергієнко М.Є.¹, Ткачук М.А.¹, Грабовський А.В.¹, Сергієнко Д.Є.²,
Майданюк В.Г.², Расторгуєв С.Є.¹, Яценко В.Ю.¹

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²ТОВ «Слобожанська промислова компанія», м. Харків

В роботі проведено теоретичні дослідження захисних властивостей кабіни колісного тягача 3-4 класу, які необхідно забезпечити згідно діючим нормативам, з використанням сучасних технологій [1]. Розглянуто конструктивне виконання пристрою захисту кабіни від падаючих предметів (FOPS) інтегроване в конструкцію каркаса безпеки. Воно повинно забезпечити захист оператора від падаючих предметів (каменів, льоду, дерев, цегли, невеликих бетонних блоків, ручного інструменту і т.д.). Це вимога I рівня захисту від проникнення сторонніх предметів, який потрібен для машин загального призначення [2]. Дослідження були виконані за допомогою методу кінцевих елементів на 3D-моделі каркаса кабіни з пристроєм захисту та моделі падаючого вантажу масою 45 кг, який при вільному падінні з висоти 3,1 м забезпечує енергію впливу 1365 Дж.

В результаті досліджень енергія гасіння 1365 Дж була досягнута при переміщеннях елементів каркаса, які представлені на рис.

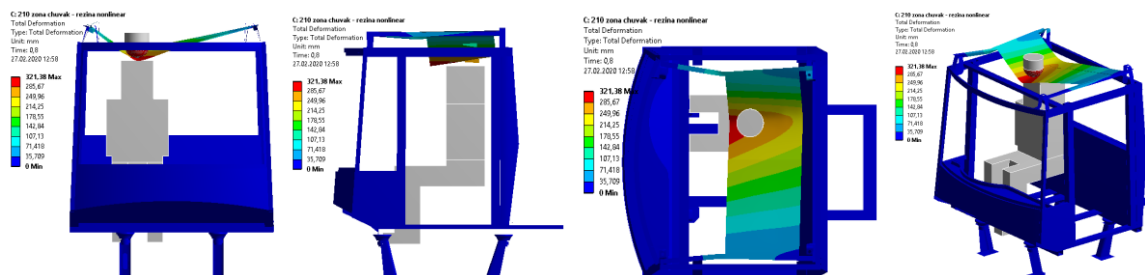


Рис. – Сумарні переміщення при енергії гасіння 1365 Дж

В ході теоретичних досліджень було встановлено те, що при базовому варіанті конструкції пристрою підвісу спостерігаються деформації близькі до зони безпеки. Для забезпечення гарантованого захисту від падаючого вантажу, враховуючи результати досліджень, були розроблені рекомендації по удосконаленню конструкції підвісу каркаса кабіни.

Запропоновані технічні рішення дозволили забезпечити виконання нормативних вимог по захисту водія-оператора колісного тягача.

Література:

1. Сергиенко Н.Е., Ткачук Н.А., Сергиенко А.Н., Васильев А. Ю., Грабовский А.В. Особенности использования современных технологий проектирования при создании каркаса кабин. Вісник НТУ „ХПІ” Серія: Транспортне машинобудування, 2015. №43(1152). С. 78-85.
2. Журавлёв А.В. Исследование несущих систем кабин каркасно-панельной конструкции для транспортных средств сельскохозяйственного назначения. Международный научный журнал, 2010. № 3. С. 59-62.

АКТУАЛЬНІСТЬ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЗІ СКЛАДНОЮ ГЕОМЕТРИЧНОЮ ФОРМОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

Французов В.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Розвиток машинобудування визначає різноманіття функціональних поверхонь деталей машин.

Найбільший теоретичний і практичний інтерес представляють деталі машин зі складною геометричною формою функціональних поверхонь.

Основними технологічними способами отримання таких поверхонь є лиття, штампування, а також адитивні технології.

Альтернативою для цих технологій є обробка різанням, яка, при необхідності, забезпечує більшу продуктивність.

Особливо ефективна механічна обробка різанням при формоутворенні так званих кінематичних поверхонь, які геометрично утворені рухом вихідного профілю, в загальному випадку, змінює розміри і форму.

Найкращі результати за повнотою формоутворення, точності і шорсткості забезпечують інструменти, створювані на основі огинають інструментальних поверхонь, особливо, якщо робочою поверхнею інструменту є сама інструментальна поверхня. Наприклад, теоретично, формоутворення поверхностей пера турбінної лопатки за допомогою об'ємної деформації матеріалу при круговому протягуванні може забезпечити потрібну точність і шорсткість при значно більш високій продуктивності в порівнянні з вживаними технологіями.

Теоретичною основою для профілювання такого ріжучого і деформуючого інструменту можуть служити узагальнені аналітичні моделі огинають інструментальних поверхонь, в тому числі з нелінійної зв'язком афінних і незалежних параметрів [1, 2].

Література:

1. Французов В.И. Обобщенная аналитическая модель огибающей инструментальной поверхности с нелинейной функциональной связью аффинных и независимых параметров. Інформаційні технології: збірка наукових праць ХЖПУ. Вип.7.4.2.: Харків: Харк. Держ. Політехн. Ун-т, 1999. С. 224-226. 2. Французов В.И. Алгоритмические особенности моделирования формообразования на основе обобщенных аналитических моделей огибающих инструментальных поверхностей. Резание и инструмент в технологических системах: междунар. науч.-техн. сб. Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. Вып. 74. С. 301-305.

МОДЕЛЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ

Хованський С. О.¹, Гречка І. П.²

¹Сумський державний університет, м. Суми,

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

При розрахунках енергетичної ефективності будівлі важливим фактором є визначення величини тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі. У реальних огорожувальних конструкціях практично відсутні однорідні площі без теплопровідних включень. Під тепловим включенням розуміють елемент огорожувальної конструкції, що розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір, менший від термічного опору основного поля більш ніж на 20 %. Визначенню матеріальних і геометричних теплопровідних включень має приділятися особлива увага, оскільки саме теплопровідні включення, що обумовлені конструктивними особливостями будівлі, призводять до інтенсифікації тепловитрат.

У даній роботі розглядався один із найбільш поширених елементів лінійних теплопровідних включень, а саме Т-подібний вузол вертикального стику внутрішньої та зовнішньої стін, оскільки саме на них припадає більша частина від загального розподілу додаткових тепловтрат через огорожуючі конструкції будівель та споруд.

Для розв'язання задачі теплообміну між твердими тілами був використаний програмний комплекс ANSYS Workbench, а саме – його модуль Steady State Thermal. Моделі, що розроблені на його базі дозволяють оцінити параметри теплового стану об'єкту, а саме: отримати розподіл температурних полів, полів швидкостей руху повітря; визначити значення теплових потоків на поверхнях конструкцій; встановити наявність застійних зон та зон вихроутворення у процесі прогрівання приміщення із врахуванням реального розташування технологічного обладнання. За результатами проведеного аналізу були виокремлені способи мінімізації тепловтрат через існуючі містки тепловтрат.

Аналіз отриманих результатів вказує на нерівномірний розподіл температури по кутовому з'єднанню та наявність «слабких» місць у самій схемі приєднання. Також було встановлено, що у місцях стику двох поверхонь утворюються, так звані, області «застою», що призводить до інтенсифікації тепловтрат.

З метою зменшення негативного впливу кутового теплопровідного включення на загальну величину тепловтрат будівлі було розглянуто два варіанти утеплення даної розрахункової конструкції двома видами утеплювачів, а саме: пінополістирольними плитами та блоками мінеральної вати тієї ж товщини. У результаті дослідження було виявлено, що використання матеріалу із найменш можливим коефіцієнтом теплопровідності дозволяє як найефективніше підвищити опір теплопередачі теплозахисної складової огорожуючої конструкції та відновити не лише комфортні умови мікроклімату в приміщенні, але і забезпечити додатковий захист фасаду будівлі від прямого впливу оточуючого середовища.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ НА ЙОГО ДИНАМІЧНІ ЯКОСТІ

Чучуменко Б.С., Осетров О.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Кількісним показником динамічних властивостей автомобіля є прийомистість – час t розгону до 100 км/год. Оцінка впливу конструктивних і регулювальних параметрів на прийомистість ускладнена великим обсягом експериментальних досліджень, значними матеріальними і трудовими витратами. Рациональним на початковому етапі досліджень є використання розрахункових методів і математичних моделей.

На кафедрі двигунів внутрішнього згоряння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» побудована математична модель динаміки руху транспортного засобу. В основу математичної моделі покладено методику Чудакова Е.А. і Яковлева Н.А., яка передбачає визначення основних сил, що діють на автомобіль при його русі. Особливістю моделі є оригінальна методика визначення середнього значення динамічного фактора в розрахунковому інтервалі швидкості при перемиканні передач. Модель побудована програмною середовищі MATLAB. Метою роботи було дослідження впливу параметрів автомобіля Daewoo Lanos на його прийомистість.

Аналіз результатів розрахунку показав, що найбільш ефективними способами покращення прийомистості автомобіля є збільшення потужності двигуна і зменшення маси автомобіля.

Зменшення радіуса коліс також призводить до покращення прийомистості внаслідок збільшення обертів двигуна і тягового зусилля при незмінному передаточному відношенні. Однак при цьому зростає знос протекторів, витрати на тертя в двигуні і трансмісії, а отже зростає питома витрата палива і зменшується надійність автомобіля в цілому. Крім того, погіршується комфортність керування автомобілем внаслідок збільшення вібрацій при русі по дорожньому покриттю.

Серед різних варіантів перемикання передач найкращим з точки зору прийомистості двигуна є варіант, коли двигун працює на менших передачах при більших швидкостях руху автомобіля, що також збільшує тягове зусилля на колесах.

Коефіцієнт аеродинамічного опору і висота автомобіля на прийомистість двигуна впливають не суттєво. Зазначені параметри визначають силу опору повітря. Проте на швидкостях до 100 км/год питомий внесок сили опору повітря в загальний опір руху при розгоні не значний.

Таким чином, в роботі виконано дослідження якісного і кількісного впливу параметрів автомобіля на його прийомистість, надано обґрунтування отриманим результатам.

ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ НАХИЛУ КУЗОВІВ НА БАЗІ ЛІНІЙНИХ ДВИГУНІВ

Якунін Д.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Створення рухомого складу з кузовами, що нахиляються, є раціональним способом скорочення тривалості поїздок маршрутами з великою кількістю кривих малого радіусу. В якості силового приводу систем нахилу наразі найпріоритетніше місце посідає електромеханічний привід. У наявних конструкціях застосування ротативного електродвигуна у поєднанні з гвинтовою парою обмежує демпфування і виключає самоповернення у разі відмови. Цього можна уникнути, якщо приводом буде лінійний двигун, що забезпечує безпосереднє перетворення електричної енергії в механічну без гвинтової пари.

Проте і у цьому випадку невирішеним залишається питання про надмірну витрату енергії підчас утримання лінійними двигунами досягнутого значення кута нахилу. Установка демпфера дозволяє зменшити небажані явища, проте призводить до зростання споживання енергії. Усунути цей недолік пропонується шляхом введення в систему керованого демпфера коливань [1].

Пропонований демпфер відрізняється від вживаних нині наявністю додаткового каналу, що сполучає порожнини корпусу демпфера в обхід дросельних отворів його поршня. Додатковий канал містить нормально відкритий електроклапан. При включенні електроклапана, додатковий канал перекривається і відбувається дроселювання рідини крізь отвори поршня демпфера.

Втім використання суто гідравлічного демпфера призводить до марної витрати енергії демпфованих коливань, що перетворюється на теплову та розсіюється у навколишнє середовище. На нашу думку, використання електродинамічного демпфера [1] дозволить повернути частку витраченої енергії або до мережі, або до бортового накопичувача енергії, встановленого на рухомому складі. Також спрощується зміна ступеню демпфування керованого гасія коливань за рахунок зміни навантаження його вихідних кіл. Це може позитивно вплинути на загальні показники витрати енергії та прискорити застосування поїздів із лінійними двигунами у механізмах нахилу кузовів.

Література:

1. Iakunin D. Devising a procedure to choose optimal parameters for the electromechanical shock absorber for a Subway Car / B. Liubarskyi, N. Lukashova, O. Petrenko, D. Iakunin, S. Yatsko, Y. Vashchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019. № 4(5–100), P. 16 – 25.

ПРОБЛЕМАТИКА ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАКТОРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Якунін М.Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

За останні роки, в структурі машинно-тракторного парку, а так само на ринку сільськогосподарської техніки відбулися істотні зміни, викликані появою великої кількості енергонасиченої і високопродуктивної техніки, в тому числі тракторів вітчизняного та імпортного виробництва.

Аналіз каталогів великої кількості зарубіжних тракторів довів, що наявність різних комплектацій і додаткових опцій, робить їх більш конкурентоспроможними в порівнянні з вітчизняними аналогами. Все це різноманіття ставить споживача перед важким вибором, який сільськогосподарський трактор придбати, щоб максимально ефективно використовувати його потенціал і виключити непотрібні опції за додаткову вартість. Показники технологічного рівня, повинні відповідати загальноприйнятим вимогам для тракторів, що визначає їх основні властивості в складі МТА, та мати можливість оцінки математичним способом.

Зазвичай в якості критеріїв в оцінці приймають численні технічні, експлуатаційно-технологічні та економічні показники. Тому оптимальні параметри істотно розрізняються один від одного, крім того, в процесі досліджень з оптимізації МТА не порівнюють ці показники, які за своїм значенням у різних машин не ідентичні. Вибрати єдиний критерій при оцінці МТА методично важко, тому що. ефективність кожного МТА характеризується показниками з великої множини, серед яких немає єдиного і універсального, при цьому невірний обраний критерій оцінки буде приводити до грубих помилок у розрахунках і знижувати достовірність отриманих результатів.

Напрацюваннями німецьких інженерів та науковців було розроблено загальний перелік відповідності широкого спектру реальних технологічних операцій випробувальним циклам PowerMix. Частка технологічної операції в загальному обсязі робіт була визначена за матеріалами щорічних статистичних звітів України. Оскільки роботи із загального переліку технологічних операцій виконуються в літньо-осінній та весняний періоди при різному стані ґрунту та допустимому тиску, був сформований план імітаційного моделювання за процедурою PowerMix з 18 циклів, який враховує ґрунто-кліматичні умови і розподіл сільськогосподарських операцій в річному обсязі робіт.

Для порівняння показників ефективності колісних тракторів, отриманих на основі випробувальних циклів PowerMix, сформована методика наведення продуктивності та погектарної витрати палива до оранки базовим трактором. В якості базового обраний колісний трактор потужністю 100 кВт, що відповідає базовим циклам PowerMix та співпадає з оцінкою математичного очікування потужності присутніх на ринку колісних тракторів.

**СЕКЦІЯ 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В
ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОМУ, ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ ТА
ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DROPLET FLOW
STRUCTURE WHEN DISPERSING WATER BY WATER-AIR
FLAT SPRAY NOZZLES**

Krugliakova O.V., Pereselkov A.R.

National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov

Flat spray nozzles have a wide range of applications due to their technical and operational characteristics. In particular, at metallurgical enterprises, the supply of water for ingots secondary cooling in continuous casting machines is carried out using flat spray nozzles. In this case, there are certain difficulties in using these nozzles, since high heat exchange rate and a significant distribution inhomogeneity of heat transfer coefficients in the spray zone. This leads to significant temperature fluctuations and can contribute to cracking on the ingot surface. To decrease the intensity of local heat removal unambiguously means to decrease liquid spray rate for a cooled high-temperature surface. At the same time, it is necessary to provide a large spray zone with a small drop liquid specific flow rate and to maintain the operational reliability of the nozzles. The technical solution of this problem is possible using water-air flat nozzles. A single water-air flat nozzle was investigated experimentally. In an internally mixing nozzle pressurized air is applied to a water jet resulting in a spray. At the outlet of the air nozzle the spray is spreading cone-shaped.

The objective of the experiments was to determine the local specific water flow rate of the drop flow. Geometrical dimensions of the nozzle were as follows: radius of the sphere inside the nozzle: 10 mm; dimensions of the major and minor axis of the nozzle outlet: 6.5×16.5 mm; the angle of the transverse channel: 30 °. Other nozzle geometrical as well as operating parameters varied within the following limits: diameter of the tube for supplying compressed air: 5–12 mm; immersion depth of the air nozzle: 10–60 mm; the air and water mass flow rates ratio: 3.2–21 %; nozzle water pressure: 0.1 MPa, water flow rate: 150 and 300 kg/h, compressed air pressure was up to 0.25 MPa.

The results showed that water-air dispersion leads to a tenfold decrease in water flow rate and liquid spray rate, while the nozzle spray zone is doubled. Thus, by changing the ratio of air and water flow rates, it seems possible to effectively control heat removal by changing the liquid spray rate for the cooled surface.

It was also found that at low compressed air flow rate, a pulsating supply of a droplet flow to the cooled surface is observed, which, in turn, also contributes to a decrease in the intensity of heat removal.

But when using water-air spray nozzles, it is necessary to take into account both the additional complexity of the designed cooling system and the operating costs for compressed air using.

EFFICIENCY OF LOW PRESSURE HEATERS OF THE REGENERATION SYSTEM OF THE HIGH-POWER TURBINE

Lytvynenko O., Mykhailova I., Chepurenko V.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

Efficiency of electricity generation is one of the main requirements for power plants. The use of regenerative heating of feed water allows to obtain a higher average temperature of heat supply, which leads to an increase in the thermal efficiency of the turbine.

The basis of the technological process of conversion of thermal energy into electricity is the thermal scheme of the power plant. The calculation of the thermal scheme of the power unit is performed in order to determine the technical characteristics of the equipment included in the unit and the economic indicators of the power plant as a whole.

Both mixing and surface low pressure heaters can be used in the thermal scheme of the power unit C-300-240 of JSC "Turboatom". To evaluate the efficiency of low pressure heaters, thermal calculations of the thermal scheme for the cases of using of surface and mixing low pressure heaters in the regeneration system were performed. The design features of mixing and surface low pressure heaters were considered and their thermal calculation was performed.

Analyzing the results of calculations, we can conclude that when installing two mixing heaters instead of surface heaters, you can get higher temperatures in the path of low pressure heaters and a small increase in turbine power. However, these advantages do not compensate for the cost of installing an additional pump in front of the mixing heater. Calculations have shown that mixing heaters have a more cumbersome and complex design, because they must provide for an increase of the collision surface of water and steam by breaking the water into jets, drops, films. However, there is a significant advantage – the practical absence of underheating of the condensate to the saturation temperature of the heating steam.

Thus, it can be concluded that the scheme of combined connection of mixing and surface low pressure heaters may be most appropriate. As a result, it is possible to obtain stable heating of water almost to the saturation temperature of the heating steam in the first stages of heating, reliable operation of subsequent surface heaters, reducing heat loss in the heaters.

**INCREASING THE AMOUNT OF THERMAL ENERGY
PRODUCED IN A COGENERATION UNIT
ON THE BASE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

Pylyov V.V., Pylyova T.K.
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv

In small-scale electrical power engineering, the approach of combined generation of electric and thermal energy has become widespread that presupposes burning of fuel in a reciprocating internal combustion engine connected to an electric generator, and utilization of the heat of the engine's exhaust gases in a recovery boiler. Such plants operate on both traditional and alternative fuels, including biogas, mine gas, landfill gas, etc nowadays. This leads to high prospects for their further development and use.

It is known that the ratio between the maximum values of thermal and electrical loads of typical small-scale electrical energy generation facilities is in the range from 1.4 to 5. Therefore, the common disadvantage of such installations is the insufficient amount of thermal energy in relation to the amount of electricity produced for these installations to satisfy consumers' thermal energy need by their own. One of the main ways to increase their efficiency is the use of heat from the systems of liquid cooling, lubrication, intercooling of boost air after superchargers. For stationary installations, following this way is now becoming mandatory that allows utilizing more than 80-85% of the heat supplied with the fuel.

Another approach that is developing is the mixing of exhaust gases with additional air, which is injected into the external combustion chamber, where additional portions of fuel are burned to increase thermal productivity. After that the exhaust gases are treated in a recovery boiler the usual way. The disadvantage of such schemes is that the additional part of the air reduces the temperature of the combustion products during mixing.

In order to reduce the effect of this shortcoming authors propose and consider a scheme of installation that provides for the use of a reconditioned two-stroke piston engine. Additional air is supplied to the external combustion chamber through the intake system and the engine cylinder by means of the engine own supercharger. The amount of purge air is coordinated with the supply of additional fuel in the external combustion chamber required to fully meet the user's need for thermal energy. With this installation scheme, the efficiency of the engine operation and electricity generation is reduced, but in the same time the additional air is heated from the surfaces of the combustion chamber of the engine, which increases the overall efficiency of the installation and reduces the thermal stress of the main elements of the engine.

A patent certificate has been obtained for the proposed method of combined generation of electric and heat energy.

SELECTION OF COMPOSITION AND OPERATION MODE OF PROPULSION SYSTEM FOR THE SUPERSONIC AIRCRAFT

Shevchenko M. A.

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv

Development of passenger aircraft that allow supersonic transocean flights is one of the promising directions in aviation again [1, 2]. Supersonic flight can be provided by various composition of the propulsion system (PS). The method of choosing composition and operation mode of propulsion, operation mode of aircraft with the supersonic cruising speed is presented in the work [3].

On the basis of the proposed method for the specified aircraft and flight profile, the sums of the relative masses of fuel and propulsion system were calculated for various PS compositions ($\bar{m}_f + \bar{m}_{PS}$). Seven of the candidate PS for the supersonic aircraft were considered:

- turbojet engine;
- turbofan engine;
- afterburning turbojet engine;
- afterburning turbofan engine;
- duct-burning turbojet engine which can operate at ramjet mode with the blocked gas turbine duct at supersonic flight conditions;
- duct-burning turbofan engine which can operate at ramjet mode with the blocked gas turbine duct at supersonic flight conditions;
- afterburning turbofan engine which can operate at ramjet mode with the blocked gas turbine duct at supersonic flight conditions.

The analysis of the results from the point of view ($\bar{m}_f + \bar{m}_{PS}$) showed that PS with the forced engines (afterburning turbojet and turbofan engines) lose out to non-forced engines at the turbine inlet gas temperature $T_g^* \approx 1900\text{K}$. The each composition of PS have a Mach number at which $(\bar{m}_f + \bar{m}_{PS})_{\min}$. The Mach number which corresponds to $(\bar{m}_f + \bar{m}_{PS})_{\min}$, increases in the transition from PS with turbofan engine to PS with turbojet engine and from PS with turbojet engine to PS with engines which can operate at ramjet mode with the blocked gas turbine duct at supersonic flight conditions.

References:

1. Na puti k sverkhzvuku [On the way to supersonic fly]. URL: https://vpk.name/news/194652_na_puti_k_sverhzhvuku.html (accessed 15.03.2021) (In Russian).
2. Boeing invests in advanced supersonic business jet. URL: <https://www.thedailyworld.com/business/boeing-invests-in-advanced-supersonic-business-jet/> (accessed 15.03.2021).
3. Kislov, O. V., Shevchenko, M. A. Metod vybora sostava i rezhima raboty silovoi ustanovki, rezhima raboty dlya letatel'nogo apparata so sverkhzvukovoi kreiserskoi skorost'yu [Method of Choosing Composition and Operation Mode of Propulsion, Operation Mode of Aircraft at Supersonic Cruising Speed]. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii [Open Information and Computer Integrated Technologies]*, 2020, no. 88, pp. 51-61. DOI: [10.32620/oikit.2020.88.04](https://doi.org/10.32620/oikit.2020.88.04).

ENERGY AND ENERGY RESOURCES
Tiutiunyk L.I., Ivanova L.A., Kasilov V.I.
National Technical University
Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv

The level of development of the fuel and energy complex largely determines the growth rate and technical level of production, the state of the economy and the welfare of society. Energy problems become not only technical, but also environmental and social.

The development of civilization is impossible without the growth of energy consumption and energy resources. At the global level, the regulation of energy production and growth of energy consumption at the national and international levels is considered; transition to new, environmentally friendly and low-energy technologies of energy production; revision of attitudes to the process of consumption, to recognized values, the whole life of life as an individual and humanity as a whole. The implementation of these processes requires the development of long-term government programs that are designed for many years. In parallel with them, as possible measures to reduce the impact of energy and energy consumption on the biosphere, it is necessary to consider those of them that can already give a significant impact today. Reduction of emissions of harmful substances by power equipment can be achieved by further replacement of fuel oil with natural gas, improvement of burner devices, organization of multistage fuel combustion, application of advanced methods of fuel purification from sulfur, increase of efficiency of electricity and heat generation; observance of special modes of fuel combustion; creation of tariff and price policy that stimulates the development and implementation of environmentally friendly technologies and equipment.

Energy conservation, which is one of the priorities of modern energy policy, is an undoubted advantage in mitigating the energy problem and improving the living well-being of the population. Even more relevant is the development and use of renewable energy sources, which can significantly reduce the "greenhouse effect".

ENERGY AND ENERGY SUPPLY
Tiutiunyk L.I., Ivanova L.A., Kasilov V.I.
National Technical University
Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv

Modern energy is a complex multi-level hierarchical structure designed to provide comfortable living conditions for the population, as well as the normal functioning of industrial enterprises, production and institutions. Only on the basis of a reliably and efficiently operating system of providing consumers of various levels with the necessary energy and energy resources, their normal functioning and development is possible. The political and economic independence of the state is largely determined by its energy security and independence. All this is associated with the "production" and "consumption" of energy, which are included in the general concept of "energy", defined by the transition of energy from one state to another. Identical in their physical essence, but differing in their ultimate goal and direction, they are the main generators of the energy chain. The latter, in turn, determines the essence and content of energy supply and energy consumption.

At present, various types of energy are known: thermal motion of microparticles that make up the working fluid; kinetic of the body itself as a whole (mechanical energy); gravitational, electric and magnetic fields; electromagnetic radiation; intranuclear. Some types of energy can be converted into others in strictly defined quantitative ratios, which are established by the general law of conservation and transformation of energy.

The variety of forms of energy existence, the property of their interconversion allows the use of various energy resources and energy carriers for the production and consumption of energy, determines their interchangeability. The energy value of resources, the efficiency of methods for their transformation, the degree of perfection of processes and installations, technological stages of energy production is ultimately determined by the utilization rate of the energy resource (in particular, the efficiency of the power plant). This necessitates continuous improvement of power generating plants, including thermal and nuclear ones, as well as their equipment, in order to increase the utilization rate of energy resources in the production of electrical and thermal energy.

A SET OF PROGRAMS FOR ANALYZING TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF NPP POWER UNITS

Yefimov O.V., Tiutiunyk L.I., Kavertsev V.L., Harkusha T.A.

National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv

The structure of individual components (blocks) of the automated computer program complex for analyzing technical and economic efficiency of operation and parameter diagnosing NPP power units with WWER is considered. When creating it we used the Microsoft Visual Studio 6 development environment and the algorithmic language FORTRAN 95 as integrated programming environment, which proved to be quite good as software tools when creating software packages for computing the parameters of technological processes in complex technical systems. This set of programs, which is controlled by the MAIN file, can be divided into two parts: conservative and operational, which is quite typical for automated decision-making support systems for operational personnel of power facilities as complex technical systems. The conservative part of the program complex, which provides the adequate description of the technological processes in the systems and equipment of the NPP power unit at different operation modes includes: a database operation block, which is used to store the information accumulating during the operation of the power units; a block for processing information about the values of the parameters and characteristics of technological processes in the power equipment received from the instrumentation of the power unit; a block for identifying the simulation model with the actual technical state of the power unit equipment; a block of the modification of the structure and parameters of thermal power unit scheme (TS) that provides for connecting, disconnecting, switching, replacing, eliminating and including equipment into the TS, as well as entering and correcting the initial data necessary to compute the parameters of the technological processes in the power unit equipment. The operational part of the program complex, which provides the completion of parameters in the power unit systems and equipment, contains the following program block; a block of program for computing parameters, characteristics and indicators in the reactor plant equipment by means of the corresponding algorithms, including program for computing thermal and hydraulic parameters and characteristics of the heating agent in the primary loop equipment, in particular, in main circulation pumps, as well as working substance in steam generation; blocks of programs for computing the parameters, characteristics and indicators of the turbine installation by means of the corresponding algorithms, including a block of programs for computing the parameters, characteristics and indicators in the flow section of the main turbine and the turbo drive of the feed pump; blocks of programs for computing the parameters, characteristics and indicators in the systems of condensation and regenerative heating of the main condensate and feed water; a block of programs for computing the parameters, characteristics and indicators in the system for heating the network water (heating system); a block of programs for the parameter diagnostics of the main and auxiliary equipment in the power unit.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF SUPERHEATER- SEPARATORS IN NUCLEAR POWER PLANT UNITS WITH THE CAPACITY OF 1000 MW

Yefimov O.V., Potanina T.V., Yesypenko T.O., Harkusha T.A.

National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv

One of the most urgent problems in the design and operation of turbines for saturated steam of the second circuit of WWER-1000 power units equipped with wet steam turbines of K-1000-60 / 1500-2 (K-1000-5.9 / 25) type is to reduce moisture content in the flow part of the low-pressure turbine cylinders (LPC). A high value of steam humidity (low dryness $x < 0.88$) leads to a significant decrease in the internal efficiency of the low-pressure turbine (internal efficiency), erosion and corrosion of the turbine blade surface which can negatively affect the reliability and safety of the operation of both the turbine unit and the nuclear power unit as a whole.

To separate moisture from the steam flow after a two-line high-pressure cylinder (HPC) of the turbine and increase its temperature (overheating) before entering the two-line LPC in the turbines K-1000-60/1500-2 type of various modifications for nuclear power units with a WWER-1000 reactor superheater-separator (SHS-1000) located in four buildings are used. Each case of the superheater-separators is a vertical cylindrical apparatus consisting of a louver type separator and two stages of the superheater in the form of surface-type heat exchangers located in the lower part of the case. After the HPC turbine with the degree of dryness $x = 0.88$ (at the nominal operating mode) wet steam enters the inlet annular chamber, from which it is distributed through the inlet manifolds of the separator and sent to the louvered sheets, where moisture is separated and flows as a separator stream into the separator-collector (SC). The steam dried in the separator to the degree of dryness $x \geq 0.999$ (at the nominal operating mode) enters the annulus of the first stage of the superheater (SH-1), where it is additionally dried and partially overheated by the heating steam from the first selection of the HPC. The condensate of the heating steam SH-1 is sent to the condensate collector CC-1. The final superheating of the steam is carried out at the second stage of the superheater (SH-2) by the heating steam from the collector for supplying "fresh" steam to the HPC. Its condensate is sent to the condensate collector CC-2.

The main characteristics by which the efficiency of the power plant, and, therefore, the efficiency, reliability and safety of the power unit can be evaluated, are the temperature characteristics of the plant as an important part of the set of operational (energy) characteristics of power units with WWER.

The steam temperature after SHS depends on the parameters of the heating and heated steam at the inlet to the overheating stage, the flow rate of the heated steam, the heat exchange surface area and the features of heat exchange processes in these surfaces, one of which is that the temperature of the heating steam at the inlet and outlet of the overheating stages (in the form of condensate) has the same value.

The temperature characteristics of SHS-1000 at nominal and partial operating modes of a 1000 MW nuclear power unit have a significant impact on the change in its main indicators: electric power N and specific heat consumption q .

The analysis of the influence of the temperature characteristics of the SHS at partial operating modes of the power unit on its main performance indicators N and q showed that the influence of SH-1 parameters decreases with the decrease in "fresh" steam consumption, and the influence of SH-2 parameters increases.

The abovementioned determines the relevance of constructing adequate mathematical models of the dependences of the temperature change of the heated steam in the SHS-1000 stages on the operating mode (electrical load) of a 1000 MW nuclear power unit in order to determine correctly temperature values.

ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АВТОНОМНОГО БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ НА ВІДДАЛЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Авраменко А.М., Чорна Н.А., Шевченко А.А., Котенко А.Л.

***Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного
НАН України, м. Харків***

Для розширення масштабів використання відновлюваних видів енергії необхідне вдосконалення процесів перетворення енергії та підвищення техніко-економічних характеристик енерготехнологічних систем, створених на їх основі. Одним з основних шляхів вирішення цієї проблеми є підвищення ефективності робочих процесів у всіх ланках системи, як на стадії генерації енергії, так і при її акумулюванні для забезпечення безперебійного енергопостачання технологічних об'єктів. Україна має значний потенціал відновлюваних джерел енергії, але на сьогодні частка їх використання в енергобалансі країни не суттєва. З огляду на щорічну тенденцію до зниження вартості використання альтернативної енергетики, завдяки вдосконаленню технологічних схем її перетворення, можна дати позитивний прогноз на значне підвищення вкладу відновлюваної енергетики в енергетичну незалежність і безпеку України.

Для вирішення енергоекологічних питань України доцільно підвищити частку використання відновлювальних джерел енергії шляхом створення автономних енерготехнологічних комплексів для енергозабезпечення невеликих споживачів на віддалених територіях на базі електрохімічних та металогібридних технологій для живлення паливних комірок екологічно чистим (до 99,99 %) паливом – воднем. При експлуатації енергетичного комплексу, використовуючи в якості джерела відновлювальну енергію, досить імовірно виникнення позаштатних ситуацій, обумовлених припиненням енергопостачання внаслідок мінливості енергонадходження або аварійним виходом з ладу окремих елементів енергокомплексу. Тому для забезпечення безперебійним електропостачанням автономного віддаленого невеликого споживача необхідно передбачати додаткові системи вирівнювання енергонадходження. Передбачено включення в технологічну схему енергокомплексу додаткових елементів, які забезпечують його роботу протягом заданого часу, що визначається режимом експлуатації. Запропонована буферна система накопичення водню, що призначена для безперебійного енергопостачання, як при роботі комплексу в нестационарних режимах, так і в разі аварійної зупинки [1, 2].

Література:

1. Matsevytyi Y.M., Chorna N.A., Shevchenko A.A. Development of a perspective metal hydride energy accumulation system based on fuel cells for wind energetic // Journal of Mechanical Engineering. – 2019. – 22(4). – 48–52. <https://doi.org/10.15407/pmach2019.04.048>.
2. Avramenko A.N., Chorna N.A. Adaptation of metal-hydride hydrogen storage technologies for autonomous power supply systems based on fuel cells // XVI International Conference «HYDROGEN MATERIALS SCIENCE AND CHEMISTRY OF CARBON NANOMATERIALS» (ICHMS '2019). – Kiev (September 23-30, 2019). – 2019. – P. 88–89.

ОЦІНКА РІВНЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОТИ СИСТЕМАМИ ОПАЛЕННЯ БУДИНКІВ

Алексахін О.О., Бобловський О.В., Єна С.В., Гордієнко О.П.

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харківський
національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків*

Цикл виробництва і споживання теплової енергії при централізованому теплопостачанні включає втрати при її виробленні, транспортуванні та споживанні. За існуючими оцінками значну частину втрат теплоти складають втрати у кінцевого споживача. У структурі теплоспоживання витрата теплоти йде на компенсацію теплових втрат через зовнішні огорожувальні конструкції. Через зовнішні стіни втрачається приблизно 40% теплоти, через світлопрозорі конструкції - 35% та інші види втрат - 25%.

Для забезпечення сучасних теплотехнічних вимог стосовно до огорожувальних конструкцій будівель термічний опір конструктивних елементів необхідно збільшити в порівнянні з діючими на момент їх спорудження нормами від 1,5 до 3 разів залежно від виду огороження. При існуючих технологіях зведення будівель, виготовлення огорожувальних конструкцій та інженерних систем втрати теплоти через зовнішні стіни можна знизити в 2,5 рази, світлопрозорі конструкції - 1,5 рази, інші - в 2 рази, що дозволить зменшити споживання теплоти будівельним сектором економіки більш, ніж на 20%. І хоча за деякими оцінками період окупності витрат на утеплення житлових будинків досить великий, додаткова теплоізоляція існуючих будівельних конструкцій залишається основним заходом щодо зниження енерговитрат будівель. З ростом цін на первинні енергоносії, в першу чергу на газ, термін окупності вже найближчим часом може скоротитися до 3-5 років.

Метою даного дослідження є аналіз впливу теплотехнічних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій типових житлових будинків на рівень теплоспоживання.

Встановлено, що доведення величини опору теплопередачі огорожувальних конструкцій розглянутих будівель до рівня сучасних вимог забезпечує зниження теплоспоживання при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря приблизно на 24-33%. Зниження витрат теплової енергії в значній мірі визначається конструктивними параметрами будівель, а саме відношенням загальної площі зовнішніх огорожувальних конструкцій до опалювального об'єму будівель.

ОЦІНКИ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ТРУБОПРОВОДІВ РОЗГАЛУЖЕНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Алексахін О.О., Бобловський О.В., Єна С.В., Гордієнко О.П.
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У роботі наведено результати визначення втрат теплоти розподільними трубопроводами систем опалення житлових мікрорайонів за укрупненими показниками забудови. Такі обчислення зручно проводити на попередніх етапах розробки проектів систем теплопостачання, в умовах обмеженості вихідних даних, використовуючи для цього теплові навантаження споруд, довжини ділянок теплопроводу, спосіб прокладки теплових мереж, температурний графік джерела теплопостачання, кліматичних умов місцевості.

Співвідношення для обчислення втрат теплоти подавальними ($Q_1^{гл}$) і зворотними ($Q_2^{гл}$) трубопроводами головної гілки розгалуженої мережі мають вигляд

$$Q_1^{гл} = (0,428 + 0,493Q_{\text{сум}}^{0,25} \cdot A) (\tau_1 - t_{\text{от}})L,$$

$$Q_2^{гл} = (0,465 + 0,66Q_{\text{сум}}^{0,25} \cdot A) (\tau_2 - t_{\text{от}})L$$

$$A = (1 - 0,466 \cdot G_{\text{min}}/G_{\text{max}}) (G_{\text{ср}}/G_{\text{від}})^{0,41}$$

де $Q_{\text{сум}}$ - сумарні витрати теплоти на опалення приєднаних до головної гілки будівель; τ_1, τ_2 - температура води у подавальному і зворотному трубопроводах мережі; $t_{\text{от}}$ - температура оточуючого середовища для відповідного способу прокладки теплопроводів, L - довжина теплопроводу; G_{min} - витрати теплоносія через систему найвіддаленішої на гілці будівлі; G_{max} - витрати теплоносія на вході до гілки; $G_{\text{ср}}$ - середні на довжині головної гілки витрати теплоносія; $G_{\text{від}}$ - витрати теплоносія через вігалуження від головної гілки.

Проведене порівняння результатів обчислень за запропонованими формулами і обчислень за існуючими методиками показало можливість використання формул при проведенні попередніх оцінок теплового стану мереж.

ПИТОМІ ВТРАТИ ТИСКУ У ТРУБОПРОВОДАХ МІКРОРАЙОННИХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Алексахін О.О., Бобловський О.В., Єна С.В., Гордієнко О.П.

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харківський
національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків*

Теплові втрати трубопроводами системи теплопостачання залежать від способу прокладки мереж і діаметру теплопроводів, параметрів теплової ізоляції і температури теплоносія та оточуючого середовища. Спосіб прокладки теплових мереж залежить від геологічних умов, щільності існуючих інженерних комунікацій. На вибір способів прокладки комунікацій суттєво впливають такі містобудівельні фактори, як планувальні рішення, конфігурація та розміри території, кількість мешканців. Використання підземних мереж всередині забудови найкращим чином відповідає сучасному архітектурно-планувальному рішенню території мікрорайонів і дозволяє більш економічно вирішувати питання організації введів до будинків, використовувати технічні підпілля споруд для прокладання мереж.

Діаметр розподільних трубопроводів системи опалення визначають залежно від теплового навантаження будівель, розподілу витрат теплоносія по довжині фрагмента мережі і середніх по довжині гілки питомих втрат тиску $R_{\text{ср}}$. Питомі втрати тиску пов'язані з величиною діаметру теплопроводів і суттєво впливають на техніко-економічні показники теплових мереж. Припустимі питомі втрати тиску приймають або залежно від напору теплоносія, який є необхідним для функціонування приєднаної до теплової мережі системи споживання теплоти, або за рекомендаціями нормативних документів.

У роботі наведено результати узагальнення даних проектів систем централізованого опалення ряду житлових мікрорайонів м. Харкова. Витрати теплоти на опалення мікрорайонів при розрахунковій температурі зовнішнього повітря знаходяться у діапазоні $1,35 \leq Q_{\text{с}} \leq 16,12$ МВт. Запропоновано формулу для обчислення питомих втрат тиску, яка для діапазону значень опалювального навантаження мікрорайону $1,0 \leq Q_{\text{сум}} \leq 12$ МВт має вигляд

$$(R_{\text{ср}}^{\text{гл}})^{0,19} = 2,06(Q_{\text{сум}})^{0,13}$$

Здійснено оцінки точності використання запропонованих формул.

ОПТИМАЛЬНІ ПЛАСТИНЧАСТІ ТЕПЛООБМІННИКИ СИСТЕМИ ЗНЕЛІДНЕННЯ ГАЗОТУРБІННОГО ЦИКЛУ

Алтухова О.В., Канівець Г.Є., Павлова В.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Система знеліднення є необхідним елементом газотурбінних установок (ГТУ), що працюють у вологому холодному кліматі. За відсутності цієї системи лід, що утворюється на входному апараті та на лопатках перших ступенів компресора, може призвести до погіршення роботи установки, а часто навіть до її поломки.

Система знеліднення підвищує температуру повітря перед компресором, за рахунок чого вдається запобігти обмерзанню елементів обладнання. В даній роботі розглянуто підігрів повітря за рахунок підмішування нагрітого стисненого повітря, відібраного за компресором та додатково підігрітого в пластинчастому теплообміннику. Моделювання циклу газотурбінної установки виконувалось у програмі AxCYCLE™. Приклад циклу на 1 МВт наведено на рис. 1.

У циклі внутрішній ККД компресора 0,79, механічний ККД 0,98, ККД турбіни 0,95, паливо – природний газ. Розрахунок системи знеліднення виконано на параметри довколишнього повітря: температура -5°C , вологість повітря 100 %, водність повітря (густий туман) 1 г/м^3 . Витрата повітря до системи знеліднення визначена з урахуванням 10°C перегріву відносно точки роси.

Оптимізація проводилась по економічному критерію оптимальності приведені витрати за допомогою створеної авторами програми розрахунку і оптимізації пластинчастих теплообмінників. Оптимізацію проведено для потужностей ГТУ 1, 2, 3, 4, 5 МВт. Для всіх варіантів оптимальний тип

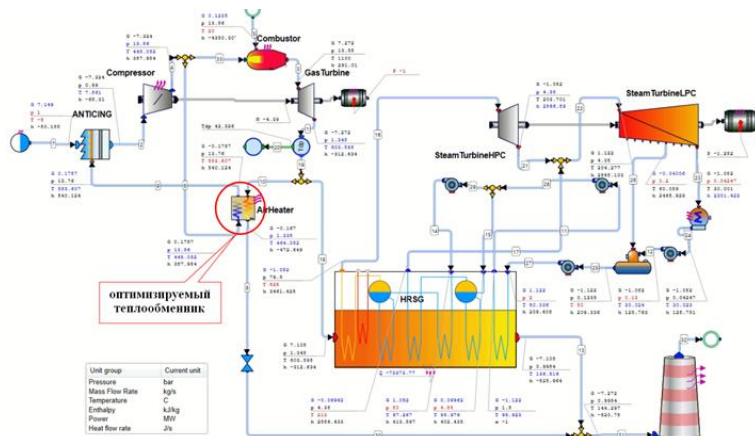


Рис. 1 – Цикл газотурбінної установки з системою знеліднення

пластини P1,3. Оптимальні швидкості димових газів у теплообміннику знаходяться в діапазоні 4–6 м/с, повітря $-0,4 - 0,6$ м/с. Але під час проведення розрахунків встановлено, що використання пластинчастих підігрівачів повітря неможливе без встановлення додаткового димососу.

Потужність цього димососу ненабагато менша, ніж виграш у потужності ГТУ від використання додаткового підігріву повітря, отже доцільність встановлення теплообмінника слід оцінювати, спираючись на відсоток часу роботи системи знеліднення на рік.

ОПТИМАЛЬНІ ПЛАСТИНЧАСТІ ТЕПЛООБМІННИКИ ПОНАДКРИТИЧНОГО CO₂ ЦИКЛУ З РЕКОМПРЕССИЄЮ

Алтухова О.В., Канівець Г.Є., Павлова В.Г.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Понадкритичні CO₂ цикли останні роки викликають все більший інтерес у якості циклів енегетичних установок, у тому числі циклів утилізації теплоти газотурбінних установок [1], циклів атомних реакторів [2] та ін. Цикли з рекомпресією показують більш високу ефективність, однак потребують деякого ускладнення схеми. Приклад такого циклу потужністю 1 МВт наведено на рис. 1. Моделювання циклу виконувалось у програмі AxCYCLE™.

У циклах з рекомпресією необхідно 2 регенератора. У зв'язку з високим перепадом тиску у цих теплообмінниках при використанні пластинчастих апаратів необхідно використовувати нерозбірні (паяні) теплообмінники.

Оптимізація пластинчастих регенераторів для цього циклу проводилась лише по конструктивних параметрах за критерієм оптимальності приведені витрати. Для потужностей циклу 1, 3, 5, 10 та 15 МВт оптимальними типами пластин для обох регенераторів є P0,6 та P1,3. Оптимальні швидкості гарячого CO₂ близькі до 0,8 м/с (тиск 20 МПа), холодного 0,3–0,5 м/с (тиск 7,692 МПа).

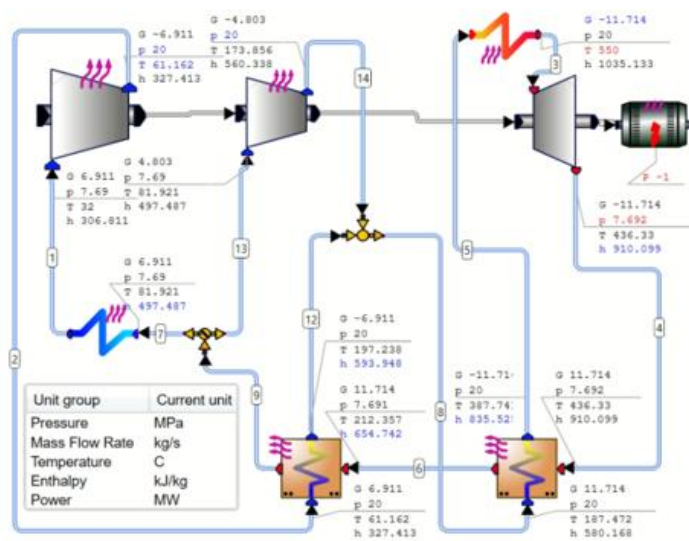


Рисунок 1 – Понадкритичний CO₂ цикл з рекомпресією

Література:

1. Moroz L., Pagur P., Rudenko O., Burlaka M., Joly C. Study of a supercritical CO₂ power cycle application in a cogeneration power plant. *The 4th International Symposium - Supercritical CO₂ Power Cycles, 2014*. 10 p.
2. Dostal V., Driscoll M. J., Hejzlar P. A Supercritical Carbon Dioxide Cycle for Next Generation Nuclear Reactors. *Advanced Nuclear Power Technology Program*. MIT-ANP-TR-100. March 10. 2004.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ НАДДУВУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА ОСНОВІ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО МЕТОДУ

Бекарюк О. М., Марченко А. П., Кравченко С. С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При створенні нових конструкцій двигунів, або модернізації існуючих, велика увага приділяється проблемі максимальної енергоефективності силового агрегату. Система наддуву дизеля є однією з систем двигуна, від якої значно залежать його ефективні показники. На основі ексергетичного методу проведено порівняльний аналіз ефективності елементів системи наддуву дизельних двигунів 6ТД-1 та модернізованого варіанту – 6ДН12/2х12.

Ексергетичний ККД характеризує термодинамічну досконалість процесу і відповідає на питання про можливість і доцільність підвищення ефективності теплової машини. Тобто, відносно невелике значення енергетичного ККД може відповідати значенням ексергетичного ККД до 100%, і подальше підвищення енергоефективності неможливо через обмеження законів термодинаміки. При цьому, значне відхилення ексергетичного ККД від одиниці вказує на існування ексергетичних втрат, зменшення яких можливо за рахунок більш раціональних процесів і використання більш досконалого обладнання. Порівняння рівня ексергетичних ККД у вузлах системи наддуву обох двигунів наведено на рис. 1.

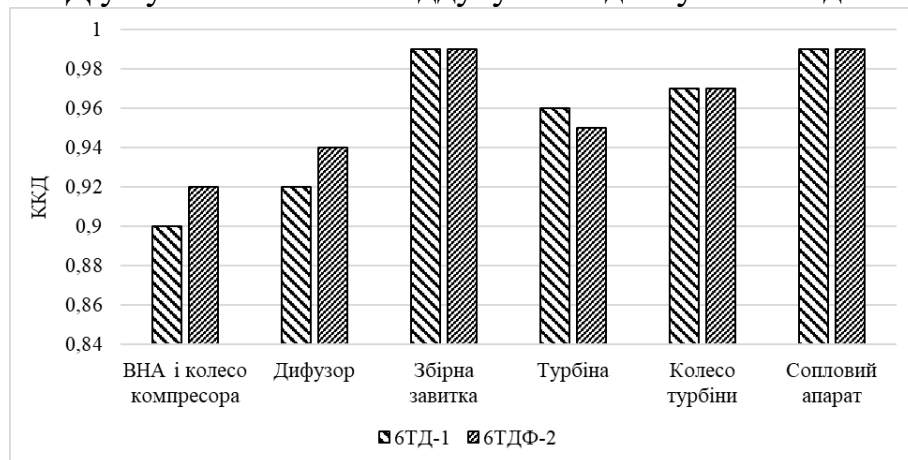


Рисунок 1 – Ексергетичний ККД процесів в вузлах системи наддуву двигунів

Ексергетичний метод дозволив провести якісний аналіз вузлів ТКР, оцінити рівень втрат ексергії, а саме, визначити ексергетичний ККД елементів. Використання методу в задачах модернізації дає можливість вибору таких конструктивних параметрів, при яких досягається найбільш ефективне поліпшення показників системи.

Проведений аналіз вказує на поліпшення показників ексергетичного ККД ТКР модернізованого двигуна 6ДН12/2х12 в порівнянні з 6ТД-1, при тому, виділяє елементи ТКР які є найменш досконалими і визначає доцільність подальшої модернізації системи ТКР.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ РОЗРОБОК СПОСОБІВ ТА СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТУРБОКОМПРЕСОРОМ

Білик С.Ю., Чебір Ю.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасні вимоги до техніко-економічних та екологічних показників двигунів внутрішнього згоряння з наддувом потребують від проєктантів розробляти нові способи та системи автоматичного керування турбокомпресором. Регулювання наддуву може здійснюватися різними способами, оскільки ці вимоги різні, розробити універсальну систему регулювання наддуву, прийнятну для будь-якого двигуна, не представляється можливим. У зв'язку з цим було розглянуто ряд схем систем регулювання наддуву, які в тій чи іншій мірі усувають недоліки, властиві двигунів з нерегульованим наддувом, і враховують найбільш загальні вимоги, що пред'являються до експлуатаційних характеристик двигунів.

Найбільш загальна вимога, що пред'являється до двигуна з газотурбінним наддувом, - підтримання підвищеного крутного моменту при зниженні швидкісного режиму з метою забезпечення високого загального коефіцієнта пристосовності. Якщо визначити зони регулювання для найбільш відповідальних режимів, що характеризують специфіку роботи двигуна, то в залежності від їх форми і розташування на діаграмі можна розробити відповідну схему системи автоматичного регулювання. Ця обставина дозволяє застосовувати систему автоматичного управління лопатками соплового апарату турбіни і дифузора компресора в прямій залежності від швидкості обертання валу.

Істотним недоліком такої схеми є труднощі забезпечення надійної роботи лопаткових апаратів, які досить часто застряють (особливо при роботі двигуна на форсованих режимах, коли температура відпрацьованих газів досягає граничних значень).

Тому становить інтерес розробка систем автоматичного регулювання турбонадуву, в якій використовують більш прості і більш надійні способи регулювання, наприклад такі, як перепуск частини газу, минаючи турбіну.

На двигунах нового покоління встановлюється турбокомпресор з системою зміни геометрії (зміни положення лопаток, розміщених в сопловому апараті) VGT (Variable Geometry Turbocharger).

Одним з способів, що дозволить збільшити потужність двигуна, не покладаючись на вихлопні гази, став електротурбонадув.

В такій схемі компресор з електричним приводом набирає обертів до максимальних значень швидко і без будь-яких відчутних затримок, і це починається до початку роботи стандартного турбонагнітача, при занадто маленькому тиску вихлопних газів.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ ТОПКИ КОТЛА ПРИ СПАЛЮВАННІ СУМІШІ ПАЛИВ

Борисенко О.М., Яровий Є.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У топках промислових и енергетичних котлів часто здійснюється сумісне спалювання двох або більше палив, розрахункові характеристики яких можуть значно відрізнятися. Пиловугільні котли потужних енергоблоків України, що знаходяться в експлуатації більше 40 років, працюють на АШ і кам'яному вугіллі марок Т, Г і Д з рідким шлаковидаленням (РШВ). Якість сучасного вугілля старих шахт значно нижче, ніж проектних. Продуктивність існуючих систем пилоприготування не забезпечує необхідного для номінальної паропроductивності котла витрати палива погіршеної якості. Тому компенсацію потрібної кількості вугілля забезпечують природним газом або мазутом.

Залежно від виду палив, що одночасно надходять в топковий простір, розрізняють однорідні і неоднорідні суміші.

Однорідні суміші утворюють палива, витрати яких вимірюються в однакових величинах кг/с (т/год.) або м³/с (м³·10³/год.).

До однорідних відносяться суміші наступних видів палив: - вугілля і твердих біопалив; - твердих палив з рідким паливом; - рідких палив з різними розрахунковими характеристиками; - газоподібних палив з різними розрахунковими характеристиками.

Неоднорідні суміші утворюють суміші палив, витрати складових яких вимірюються в різних величинах кг/с і м³/с.

До неоднорідних відносяться суміші: - твердих палив з газоподібними; рідких палив з газоподібними.

Для теплового розрахунку топки при спільному спалюванні суміші палив необхідно вміти розраховувати теплоту згоряння суміші, витрати кожного палива, обсяги повітря, необхідного для спалювання, обсяги продуктів згоряння і їх радіаційні властивості.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ З УРАХУВАННЯМ НЕКОНТРОЛЬОВАНИХ ПЕРЕРОБЛЕНЬ СИСТЕМИ ТА УТЕПЛЕННЯ

Ганжа А.М., Семененко Л.В., Марченко Н.А., Саврасва Ю.І.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м Харків*

У системах опалення багатоповерхових житлових будинків, які побудовані до початку 90-х років на території України, застосовуються схеми з стандартними приладами опалення: радіаторами, конвекторами типу "Акорд" чи "Комфорт" та ін. У однотрубних системах опалення теплоносії подається по стояку в основному "зверху-униз". Однак зустрічаються також менш ефективна схема подачі "знизу-уверх". Ці схеми опалення розраховані на якісне регулювання подачі теплоти споживачам, що має на увазі регулювання температури теплоносія, який подається, на джерелі теплопостачання при постійній витраті теплоносія. При регулюванні опалювального навантаження для забезпечення подачі і підігріву гарячої води споживачам гарячого водопостачання при температурах зовнішнього повітря, коли температура прямого теплоносія буде 70 °C і нижче, вона зберігається на рівні 70 °C і при цьому повинно бути кількісне регулювання витрати теплоносія у системі. Однак, у більшості випадків такого регулювання не відбувається, що призводить до перетопів приміщень будинків та «регулювання» комфортних умов у цих приміщеннях відкриттям кватирок чи вікон. Цей процес призводить до прямих втрат теплової енергії, обігрівуючи при цьому зовнішнє повітря.

Ще одним резервом енергозбереження у житлово-комунальному господарстві України і будівельній галузі є зменшення втрат теплоти через огорожувальні конструкції споруд завдяки утепленню. Несистемне утеплення, яке спостерігається останнім часом, не призводить до очікуваного ефекту у споживачів багатоповерхових будинків, які такі утеплення зробили.

Авторами розроблені методи та засоби взаємопов'язаних преревірочних розрахунків на основі математичного моделювання процесів теплопередачі в опалювальних приладах, теплопередачі через огорожувальні конструкції будинків та тепло- повітрообміну у приміщеннях.

Використання цих засобів дозволить виробити рекомендації щодо підвищення ефективності систем теплопостачання і енергоефективності будівель.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БПЛА НА ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЦИКЛА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Дегтярёв О.Д.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

В современной авиации все большее распространение начинают получать беспилотные летательные аппараты (БПЛА) различного назначения. Известно, что при проектировании двигателей летательного аппарата (ЛА) необходимо учитывать ряд факторов. Таковыми являются: Программа полета, характеристическая скорость и высота полета, условия эксплуатации двигателя, его назначения и режимы эксплуатации.

Вследствие этого не представляется целесообразным использовать двигатели для самолетов, предназначенных для дальних перелетов на ближнемагистральных ЛА, использовать двигатели для фронтовых истребителей на истребителях сопровождения, транспортной и бомбардировочной авиации и т.д. Поэтому существует необходимость в критериальной оценке изменения параметров цикла газотурбинного двигателя, предназначенного для БПЛА. Это связано с различной спецификой применения некоторых видов БПЛА, значительно отличающейся от условий эксплуатации пилотируемых ЛА.

В частности, ряд БПЛА используется для полета в режиме «огибания местности», на малых и сверхмалых высотах при этом на достаточно высоких скоростях. В этом случае подход к проектированию двигателя как к вертолетному – не годится, т.к. скорость полета у вертолетов редко превышает 0,3М, а БПЛА иногда используются для полетов 0,6-0,8 М для обеспечения скрытности и противодействию сил ПВО. Кроме того, двигатель должен быть экономичным и многорежимным, поэтому подход к нему как к двигателю для крылатой ракеты - тоже не подходит.

В исследованиях влияния условия эксплуатации двигателя для скоростного, низколетящего БПЛА необходимо учитывать предварительное сжатие воздуха во входном устройстве, что приводит к снижению необходимой степени повышения давления в компрессоре для достижения экономического его значения. При этом в результате проведенных расчетов на кафедре теории авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» отмечается, достаточно большое снижение экономической степени повышения давления в компрессоре двигателя, для низколетящего, высокоскоростного БПЛА. Снижение оценивается примерно на 20-30 процентов от более низкоскоростных газотурбинных двигателей. При этом оптимальная степень повышения давления так же снизилась на 30-40 процентов. Данные расчеты необходимо учитывать в проектировании газотурбинных двигателей для данного вида БПЛА.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНФУЗОРУ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ТРУБИ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ПЛОСКИХ РЕШІТОК ТУРБІНИ

Жирков О.Г.¹, Усатий О.П.², Авдєєва О.П.², Торба Ю.І.¹

¹ ДП «Івченко-Прогрес», м. Запоріжжя,

² Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м Харків

Економічність турбін та інших лопаткових машин в значній мірі визначаються втратами кінетичної енергії в решітках направляючих та робочих лопаток. Для дослідження решіток турбінних лопаток використовують спеціальні аеродинамічні труби. Основною вимогою до цих аеродинамічних труб є забезпечення умов роботи центральної частини решітки, що наближені до умов роботи нескінченної решітки¹.

З метою підготовки до виконання дослідження решітки соплового апарату турбіни на аеродинамічній трубі було проведено дослідження конфузору аеродинамічної труби з метою визначення нерівномірності розподілу повного тиску по вихідному перетину конфузору, ядра потоку в ньому, профілю швидкостей. Конфузор прямокутний, вхідний перетин квадратний, вихідний прямокутний, при цьому профіль його стінок виконаний по лемніскаці. Конфузор має ступінь підтискання 10.

При випробуваннях на відстані ≈ 10 мм за зрізом конфузору були встановлені чотири 12-ти точкові гребінки для вимірювання повного тиску повітря. Випробування проведені в діапазоні наведеної швидкості $\lambda \approx 0,3 \div 1,0$ і полягали в реєстрації повного тиску на кожному режимі. При цьому статичний тиск на зрізі конфузору приймався рівним атмосферному.

За результатами випробувань встановлено, що зі збільшенням λ збільшується нерівномірність поля повного тиску по висоті h в кожному перетині, так і між перетинами (по ширині каналу). Крім того зі збільшенням λ понад 0,8 ядро потоку (по висоті h зрізу конфузору) починає помітно звужуватися (рис. 1). Аналогічні дані отримані в напрямку ширини вихідного перетину конфузору.

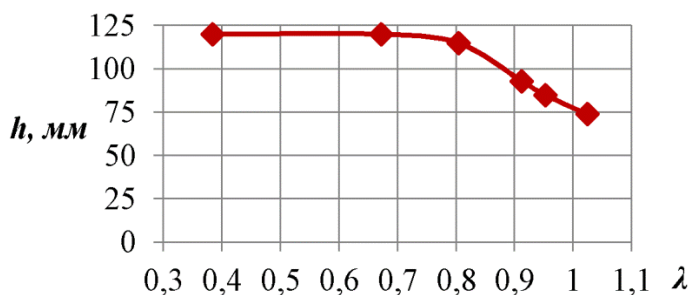


Рисунок 1 – Залежність висоти ядра потоку від наведеної швидкості

Література:

¹Горлин С.М., Слезингер И.И. Аеромеханические измерения (методы и приборы). Издательство Наука, М., 1964. С. 583.

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КРІОПОСУДІВ ПОКРАЩЕННЯМ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИХ МОСТІВ

Жунь Г.Г., Борщ О.Є., Яровий В.М.
*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут",
м. Харків*

В азотних кріобіологічних посудах для зменшення теплопритоків через широкі горловини (діаметром 50–120 мм) застосовуються спеціальні пробки (теплові мости) із низько теплопровідного матеріалу. Їх виготовляли із вологих гранул полістиролу з використанням дерев'яного підсилювального стрижня по центру. Доля теплопритоків по такій пробці ($Q_{\text{п}}$) складає значну величину, рівну 11–13 % від сумарної ($Q_{\text{с}}$) для всього кріопосуда. Крім того, ступінь використання холоду парів кріоагентів, що випаровуються (для зменшення теплопритоків) у пробці, сама низька у порівнянні з іншими елементами конструкції кріопосуду і складає всього 70–73 %. У зв'язку з цим слідувало оптимізувати конструкцію таких пробок, оцінюючи їх ефективність по досягнутій величині теплопритоків по пробці $Q_{\text{п}}$ та по ресурсу роботи (R) кріопосуду типу Х–34Б (ємність 34 л).

В результаті було встановлено, що використовувати в кріопосудах із рідким азотом потрібно сухі пробки. Якщо використовувати тільки що виготовлені вологі пробки, то близько 30 % з них тріскаються, що збільшує по ним теплопритоки на 15–25 %.

У зв'язку з цим було запропоновано також виготовляти пробки із пінополіуретану, який має меншу теплопровідність. Для такої, наприклад, пробки теплопритоки склали 0,013 Вт, що приблизно в 1,5 рази менше у порівнянні із полістироловою пробкою без дерев'яного стрижня. Однак, виготовлення їх для промислових кріопосудів виявилось економічно не вигідним у порівнянні із полістироловими.

Після цього було запропоновано для кріопосудів виготовляти полістиролові пробки без дерев'яного стрижня та з використанням підсилювальної волосіні діаметром 1 мм, яка на кінцях пробки закріплювалася у спеціальних хрестовинах із полімерного матеріалу. Використання волосіні в конструкції пробки практично не впливає на її теплову ефективність. Розроблена таким чином оптимізована конструкція такої пробки дозволила зменшити теплопритоки по ній в 1,7–1,9 рази. В результаті ресурс роботи промислового кріопосуду Х–34Б (ємність 34 л) із рідким азотом з даною пробкою збільшився на 18 діб (до 208 діб) у порівнянні з кріопосудом, у якому використовувалась полістиролова пробка з дерев'яним стрижнем. Доля теплопритоків по оптимізованим пробкам в кріопосудах зменшилась до 4–5 % від сумарних $Q_{\text{с}}$ (у 2,5–2,8 рази).

РОЗРОБКА МЕТОДА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ НА КРІОПОСУДІ

Жунь Г.Г., Борщ О.Є., Павленко М.О.

***Національний технічний університет "Харківський політехнічний
інститут", м. Харків***

Великі успіхи, які досягла кріогеніка у космічній, атомній та військовій техніці стимулювали також її використання і в інших напрямках науки і техніки. У тому числі в усіх розвинених країнах (і в Україні) у розроблення нової високоефективної технології розмноження високопродуктивної великої рогатої худоби методом штучного запліднення генетичним матеріалом від елітних самців. При цьому необхідні запаси генетичного матеріалу стали зберігати у середовищі рідкого азоту у спеціально розроблених для цього кріобіологічних посудих Дьюара із широкими горловинами (діаметром 50–120 мм). В якості теплозахисту в них стали застосовувати найбільш низько теплопровідну на калориметрах екранно–вакуумну теплоізоляцію (ЕВТІ).

Розроблена технологія машинного їх ізолювання була емпіричною (не оптимізованою), тому кріопосуди, що виготовлялись (як в Україні, так і в інших країнах), були низькоякісними і мали великі втрати рідкого азоту. Причини цього були вченим були невідомими. Не існували і випробувані теоретичні співвідношення і надійні експериментальні методики для дослідження багаторічних процесів тепломасопереносу в конструктивних елементах теплозахисту кріопосуду для виявлення погіршуючих факторів. Тому довгий час кріопосуди, що виготовлялися десятками тисяч, були низькоякісними.

Вперше вирішення даної проблеми було знайдено на кафедрі «Технічна кріофізика» НТУ «ХПІ». Для цього було запропоновано по середньо інтегральній товщині теплоізоляції на кріопосуді змонтувати прокалібровані спаї мідно-константової термопари та заміряти за їх допомогою профіль температури $T(\delta_{cp,i})$. Проведені вперше такі дослідження показали, що замірний профіль температури не є монотонним, а має перетин при температурі 273 К. Згідно теоретичної роботи перетин на температурному профілі $T(\delta_{cp,i})$, свідчить про наявність в шарах ЕВТІ локальних ділянок із збільшеним тиском газу, що повинно свідчити про великий теплопереніс через теплоізоляцію по газовій складовій сумарного тепло переносу. Для дослідження причин появи локальних ділянок теплоізоляції із збільшеним тиском газу дослідний кріопосуд був демонтований. Аналіз його теплоізоляції показав, що вона представляла суцільну склеєну масу. Причиною цього була клейова основа ПВА, що вживається при виготовленні скловуалі ЕВТІ–7, яка використовується в теплоізоляції. При нагріванні виготовляемого кріопосуду в процесі термовакуумної дегазації при 380–390 К даний клей розм'якав і склеював теплоізоляцію. Використання в теплоізоляції кріопосуду скловуалі (передчасно обробленої для зменшення клею) дозволило вже отримати температурні профілі $T(\delta)$ без злому. Якість різко покращилася, а ресурс роботи кріопосуда із рідким азотом збільшився з 75–80 діб до 140–145 діб.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЛИБОКОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА

Каверцев В.Л., Дягілев В.О.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків*

Відомо, що з точки зору забезпечення екологічно чистої біосфери найбільш ефективним паливом є природний газ. Однак використання його в енергетиці країни у зв'язку з постійним збільшенням вартості, вимагає застосування все більш прогресивних технологій. Причому, якщо у великій енергетиці природний газ може бути замінений дешевшим паливом, то в котельних установках систем теплопостачання та гарячого водопостачання, розміщених в зоні населених пунктів, це неприйнятно з екологічних міркувань. Теплова потужність водогрійних котлів для вищезазначених систем змінюється від 0,5 МВт до 116,5 МВт. Більше 40% цих котлів використовують природний газ і мазут, і близько 45% - тільки природний газ.

Температура відхідних газів котлів, що працюють на природному газі, коливається від 110 до 220 ° С, на мазуті - від 230 до 270 ° С. ККД цих котлів при розрахунку по нижчій теплоті згорання палива перебуває в межах 80-94% і 87-89% відповідно. Аналіз експлуатаційних показників котельних установок вітчизняних систем опалення показав, що досить велика кількість котлів експлуатується навіть з більш низькими значеннями ККД.

В [1] наведено, що кількість теплоти, що виділяється при повній конденсації водяної пари з продуктів згорання (тобто при $t_{yx} = 0^{\circ}\text{C}$) становить 11,9% по відношенню до нижчої теплоти згорання палива (близько 4190 кДж на 1 м газу). Пропоновані в [2] схеми комплексного, ступеневої використання продуктів згорання природного газу, а також наведені в огляди досліджень країн Західної Європи і США підтверджують, що глибоке охолодження продуктів згорання палива з метою підвищення коефіцієнта використання теплоти та економії газоподібного палива є найважливішим напрямком енергозберігаючої політики.

Розробка технологій глибокого охолодження продуктів згорання палива пов'язана з вирішенням ряду досить складних проблем. Одна з них полягає в тому, що при зниженні температури відхідних газів нижче 60-80 °С необхідне прийняття спеціальних заходів щодо захисту від низькотемпературної корозії димососа і газовідвідного тракту. Друга, не менш важлива проблема, виникає в зв'язку з відсутністю достатньо надійних методик розрахунку теплообміну в умовах конденсації водяної пари з парогазових сумішей. Для її вирішення необхідно ретельно поставлене експериментальне дослідження.

Література:

1. Аронов І.З. Використання теплоти відхідних газів газифікованих котелень. – М.: Енергія, 1967.– 196с.
2. Васильченко Ю.Н. Тепловой расчет многоконтурных теплообменных систем // Промышленная энергетика.–1990. – №1.

ВИБІР МАТЕРІАЛІВ НАСАДКИ РЕГЕНЕРАТОРІВ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ**Кошельнік О.В., Гойсан С.Б.***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,**Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків*

Для збільшення ефективності регенеративних теплообмінників без збільшення площі насадки, необхідно застосування кардинально нових конструкцій та матеріалів елементів. Одним із таких методів є насадки на основі «сольової кераміки». Насадки такого типу виконують у вигляді пустотілої цегли, заповненої зсередини солями. Така насадка має вагому перевагу – використання прихованою теплотою плавлення. Тобто внаслідок фазового переходу насадка даного типу за однакових габаритних розмірів буде отримувати більше теплоти на величину прихованої теплоти плавлення в порівнянні з традиційною вогнетривкою цеглою.

При більш детальному огляді стає зрозумілим, що для використання насадок даного типу у високотемпературних установках необхідно обрати оптимальний тип матеріалу, котрий буде мати великий показник прихованої теплоти плавлення, а також буде спроможний витримувати цикл плавлення/кристалізація без суттєвої зміни в об'ємі та густині. На сьогодні можна виділити декілька матеріалів (табл. 1), які можливо використовувати в якості плавкої вставки.

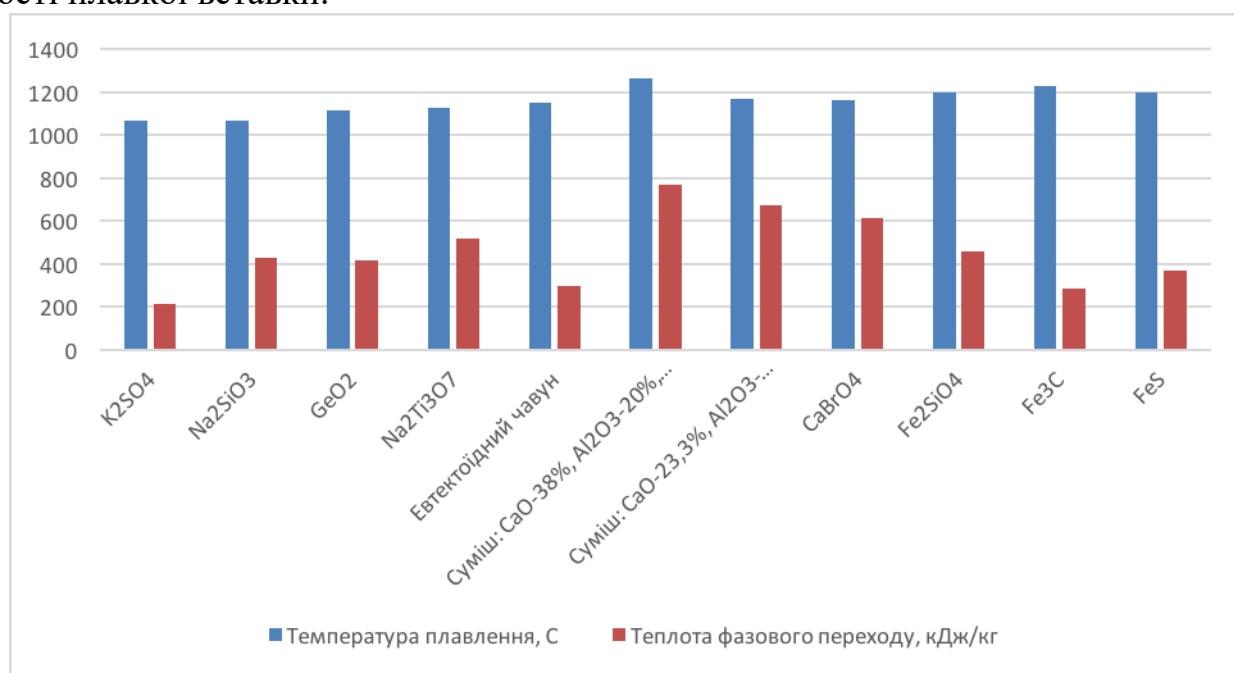


Рисунок 1 – Теплофізичні властивості матеріалів з фазовим переходом

Але використання кожного з цих матеріалів потребує додаткового дослідження складних процесів теплообміну в процесі експлуатації регенеративних теплообмінників в скловарному виробництві.

ПЕРСПЕКТИВНА СИСТЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ

**Кошельнік О.В., Пугачова Т.М., Круглякова О.В., Павлова В.Г.,
Долобовська О.В.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,*

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

Високотемпературні плавильні установки, в яких як джерело енергії використовуються різні види органічного палива, становлять основу промислових комплексів найбільш енергоємних галузей виробництва, до яких відноситься й виробництво скломаси. Сучасні словарні печі ванного типу мають загальну теплову ефективність до 40 – 50 %. Основними втратами в таких печах є втрати з димовими газами та через огороження. Незважаючи на те, що печі обладнані утилізаційними теплообмінниками, втрати теплоти з димовими газами становлять до 20 %, а їхня температура перед димарем може досягати 250 °С.

Для утилізації теплових вторинних енергоресурсів склоробного виробництва пропонується схема водневого енерготехнологічного комплексу, що може бути використаний для підігріву повітря горіння та склобою з одночасним одержанням електричної енергії. Основними елементами схеми є центральний рекуператор, електрофільтр-підігрівник склобою, воднева турбоустановка з електрогенератором і термосорбційний компресор, що забезпечує необхідні параметри робочого тіла (водню) на вході в турбіну. Оскільки перепад тиску водню у кілька разів перевищує той, що необхідно для спрацьовування низькопотенційної теплоти в турбіні, з'являється можливість організувати процес розширення з декількома проміжними перегрівами робочого тіла.

Виконано розрахунки основних параметрів водневого контуру системи «словарна піч-теплоенергетична установка на базі водневої турбіни» у діапазоні зміни температури димових газів після фільтра-підігрівника 250 – 400 °С. Розрахунки показали, що застосування утилізаційних силових установок на водні дозволяє підвищити коефіцієнт термодинамічної досконалості системи у розглянутому діапазоні температур, а при збільшенні температури димових газів зростає й вироблення електроенергії.

З огляду на те, що водень використовується сьогодні при флоат-способі виробництва листового скла як один з компонентів захисної відбудовної атмосфери, його застосування в якості робочого тіла при наявності відповідної інфраструктури не приведе до значних додаткових витрат при використанні запропонованої схеми. Однак при розгляді питань застосування енерготехнологічного комплексу з водневою турбоустановкою на промислових підприємствах, необхідно додатково провести докладний техніко-економічний аналіз отриманих результатів з обліком зв'язку економічних, експлуатаційних і конструктивних характеристик, що дозволить одержати їхні оптимальні значення.

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПОТОКУ В КОРЕНЕВІЙ ЗОНІ СОПЛОВОЇ РЕШІТКИ

Лапузін О.В., Юдін Ю.О., Суботович В.П.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків*

Дослідження структури потоку за решіткою у широкому діапазоні зміни режимів за допомогою трубки Піто дозволило зробити наступні висновки.

Збільшення числа Маха M_{1t} на середньому радіусі за решіткою від 0,6 до 1,05 практично не впливає на характер змінення вздовж кроку кута виходу потоку α_1 у кореневій зоні за решіткою.

Крокова нерівномірність кута α_1 різко зростає за умови наближення до циліндричної кореневої межі решітки. На середньому радіусі вона дорівнює 8° , на відстані 1,95 мм від кореневої межі кут α_1 змінюється на 13° , на відстані 0,95 мм – на 30° , на відстані 0,15 мм – на 45° .

Відзначимо, що трубка Піто віддалена від фронту решітки на 7,5 мм, а горло міжлопаткових каналів дорівнює 8,34 мм.

У зоні кромкового сліду змінення кута α_1 від максимальної до мінімальної величини має місце у вузькому діапазоні, що дорівнює $1/7$ кроку решітки.

У кореневій зоні решітки максимальна величина кута α_1 відповідає струмкам, які збігаються з увігнутого боку лопаток, а мінімальна величина α_1 – струмкам, які збігаються зі спинок лопаток.

На відстані 0,15 мм від кореневої межі решітки в п'яти точках із семи зафіксована придонна гілка каналного вихору, в якій кут α_1 змінюється від -5 до -25° . У двох інших точках вздовж кроку струмка, яка стікає з увігнутого боку лопаток, має додатний кут α_1 , що мало відрізняється від ефективного кута решітки.

Біля спинки лопатки вісь каналного вихору знаходиться на відстані 0,95 мм від кореневої межі решітки. Тільки у цьому місці кут $\alpha_1 \approx 0$, а в інших точках вздовж кроку він є додатним.

У контрольному перерізі за решіткою товщина каналного вихору змінюється від 0 мм (зона увігнутого боку лопаток) до 2 мм у потоку, який стікає зі спинки. В межах $4/7$ кроку вихори мають товщину 0,5...0,6 мм, яка набагато менша величини горла решітки та її кроку, що дорівнює 11,62 мм.

Перетікання вздовж кореневої межі міжлопаткового каналу частини газу від увігнутого боку лопатки до спинки та рух тих самих частин газу у протилежному напрямі (зворотна частина каналного вихору) призводить до збільшення на декілька градусів локального кута α_1 у струмках, які обтікають увігнутий бік лопаток.

Для визначення інтегральних втрат кінетичної енергії у сопловій решітці зона, яка зайнята каналними вихорами, виключається із розрахунків. Межу, яка розділяє основний потік та каналний вихор, можна наближено вважати вісесиметричною, а товщину каналного вихору – такою, що дорівнює 0,45 мм.

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ МАГНІТОКАЛОРИЧНОГО ЕФЕКТУ

Луб'яний Л.З., Чичибаба І.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Розроблено новий диференційний скануючий калориметр для вивчення магнітокалоричного ефекту, адаптований під магнітні поля 0–2 Тл, котрі створюються в невеликому об'ємі. Магнітокалоричний ефект (МКЕ) – це магнітотеплове явище, яке виникає під впливом магнітного поля на речовину, що володіє магнітними властивостями.

На рисунку показана конструкція калориметра. Магнітне поле необхідно прикласти вздовж горизонтальної вісі. Матеріал корпусу – латунь марки Л80 ГОСТ 15527. Для контролю температури калориметричної системи використовується термопара ТСМ-205. Система постійних магнітів встановлюється в ізотермічну камеру. Оптимальним рішенням є вибір двох магнітів у формі дисків $D=63\text{мм}$ $h=28\text{мм}$ з додатковим магнітопроводом. В якості магніточутливого елемента запропоновано використати датчик Холла. Для запобігання виникненню конвективного теплообміну ззовні калориметричного вічка, область, в якій знаходяться дослідні зразки, необхідно екранувати.

Пристрій може використовуватися для вивчення фазових переходів тверде тіло - тверде тіло під впливом магнітного поля в сукупності з будь-якими кріостатами, в об'ємі яких створюються сильні магнітні поля за допомогою постійних магнітів.

Перед початком роботи необхідно провести ретельне калібрування пристрою при всіх температурах.

- 1 – корпус калориметричного вічка,
- 2 – диференціальна термопара,
- 3 – зразок,
- 4 – еталон,
- 5 – обмотка нагрівача,
- 6 – екран,
- 7 – тримач,
- 8 – магніточутливий елемент,
- 9 – термопара

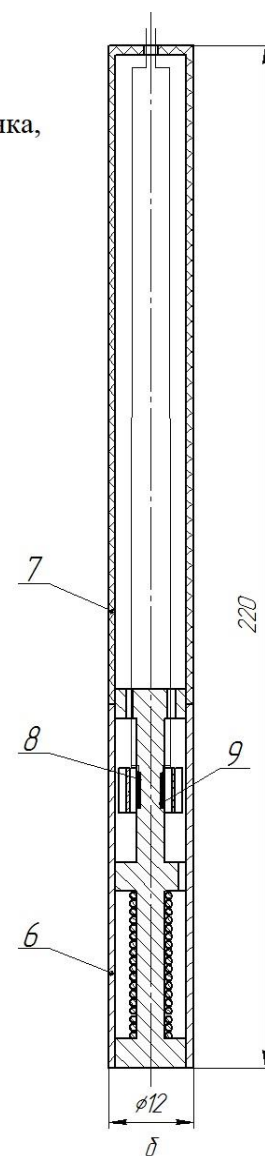
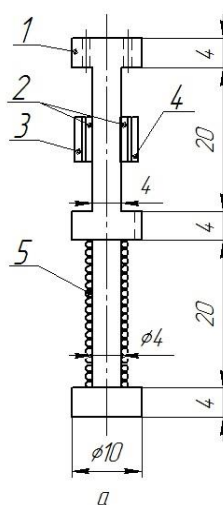


Рисунок 1 - Конструкція калориметра

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ТЕРМОРАЗГРУЗОЧНЫХ КАНАВКАХ

Пугачева Т.Н

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

При упругопластическом деформировании в зонах концентраторов напряжения могут превосходить предел текучести и при циклическом нагружении в этих зонах будет происходить поцикловое изменение напряженно-деформированного состояния, обусловленное пластическим деформированием материала. Даже при практически стационарном нагружении процессы упругопластического деформирования материала в окрестностях концентратора, как правило, являются нестационарными и характеризуются непрерывной трансформацией полей деформаций и напряжений в пределах цикла нагружения и от цикла к циклу. В зависимости от режимов нагружения, циклических свойств материала, характера концентратора и уровня напряжений разрушение в таких локальных зонах может иметь квазистатический (соответствующий постоянной нагрузке) или усталостный характер.

Процессы трансформации полей напряжений и деформаций в локальных областях возле концентраторов при упругопластическом деформировании исследуются в каждом конкретном случае приближенными методами теории пластичности, численными и экспериментальными методами. Приближенные методы позволяют с достаточной, в большинстве случаев, точностью определять значения коэффициентов концентрации и описывать кинетику напряжений и деформаций как при однократном, так и при переменном повторном нагружениях. При этом основной гипотезой, позволяющей оценить изменение местных напряжений в зоне концентрации, является гипотеза о соответствии значений коэффициента концентрации деформации K_ε значениям теоретического коэффициента концентрации напряжений α_σ . Базируясь на этой гипотезе, можно получить систему уравнений для определения местных напряжений $\bar{\sigma}_{\max k}$, местных деформаций $\bar{\varepsilon}_{\max k}$ и коэффициентов

концентрации напряжений $K_\sigma = \frac{\bar{\sigma}_{\max}}{\bar{\sigma}_H}$ и деформаций $K_\varepsilon = \frac{\bar{\varepsilon}_{\max}}{\bar{\varepsilon}_H}$.

Для определения расчетных значений максимальных напряжений и деформаций в наиболее опасной точке конструкции при известной диаграмме статического деформирования материала $\sigma = f(\varepsilon)$ и номинальных характеристиках σ_H и ε_H предложен ряд соотношений, из которых наибольшее распространение получили зависимости Нейбера, Махутова, ВТИ:

$$K_z(\infty) = 1 + 2 \cdot \varphi \cdot \sqrt{\frac{h}{\rho}} \quad K_z(\infty) = \sigma_z \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot \rho}$$

$$K_z(\infty) = 1 + 2 \cdot \varphi \cdot \sqrt{\frac{h}{\rho}} \cdot \frac{0,42 \cdot \sigma_{zH}(0,0) + 0,58 \cdot \sigma_{zH}(1,0)}{\sigma_{zH}(1,0)}.$$

СОСТОЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТУРБИН

Пугачева Т.Н

***Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков***

К настоящему времени значительная часть тепломеханического оборудования на тепловых электростанциях Украины выработала нормативный и продленный ресурсы. Энергоустановки, введенные в эксплуатацию 40 – 50 лет назад морально и физически устарели, возросла поврежденность элементов в зоне высоких температур, что требует дополнительных затрат на ремонты и снижает технико-экономические показатели турбоустановок. Вместе с тем значительная часть узлов и деталей, работающих в зоне умеренных температур, остаются пригодными для дальнейшей эксплуатации.

Основными факторами, определяющими истощение ресурса, являются высокотемпературная ползучесть металла и малоцикловая усталость, связанная с циклическими нагрузками в пуско-остановочных режимах. Оба эти процесса разделяются на инкубационную стадию (зарождение трещины) и стадию развития трещины. В ряде случаев преимущественно рабочие лопатки и некоторые другие детали проточной части получают эрозионное и коррозионное повреждение, степень опасности которого может быть оценена только на основе экспериментальных данных (или опыта эксплуатации) о потенциальной опасности развития трещин при таких повреждениях.

Повреждение роторов паровых турбин может быть обусловлено разными причинами: наличие в металле металлургических дефектов, нарушение технологии изготовления ротора, отклонение от действующих стандартов и ошибки при проектировании, нарушение пуско-остановочных режимов и эксплуатационных инструкций, низкое качество ремонта.

Наиболее высока вероятность появления трещин в зонах концентрации напряжений. Такими зонами в роторах турбин являются ободы дисков с пазами для хвостовиков лопаток, осевой канал и терморазгрузочные канавки в зоне уплотнений, а также радиусные переходы от диска к бочке ротора. Напряженное состояние ободов дисков с Т-образными пазами зависит, в основном, от величины центробежных сил рабочих лопаток и геометрии самого паза (величины радиусов закруглений в угловых переходах). Термонапряженное состояние на поверхности осевого канала может изменяться в широком диапазоне, в зависимости от характера переходных режимов, однако напряжения здесь всегда сохраняются ниже предела текучести материала ротора. Для терморазгрузочных канавок термические напряжения являются определяющими, с точки зрения вероятности появления трещин, но эта зона не лимитирует ресурс турбин, работающих в базовом режиме.

В зависимости от условий эксплуатации основными факторами, лимитирующими безаварийную работу конструкции при длительном нагружении, могут быть предельные деформации или разрушающие напряжения.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕРМОВКЛАДИША КУБІЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ВИНА

Руденко М.З., Юшко С.В., Борщ О.Є., Городнича А.В.

*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут",
м. Харків*

Транспортування термочутливого вантажу (вина) потребує спеціальних термоізованих контейнерів. Недоліком існуючих способів є велика вартість. При застосуванні звичайних транспортних засобів (нетермоізованих) вартість перевезень значно нижче, але виникає обмеження по терміну перевезення. В роботі досліджувався вплив термоізоляції контейнера з вином на тривалість його транспортування при умові коливання температури в допустимому інтервалі.

Для проведення досліджень була розроблена математична модель об'єкта, яка ґрунтується на геометричних розмірах, теплофізичних властивостях матеріалів, рівняннях термодинаміки і теплообміну. На основі розробленої математичної моделі створені алгоритм і програма розрахунку нестационарних процесів охолодження (нагрівання) термочутливого вантажу навколишнім середовищем зі змінними добовими коливаннями температури, яка дозволяє визначати температурне поле та теплові потоки досліджуваного об'єкта.

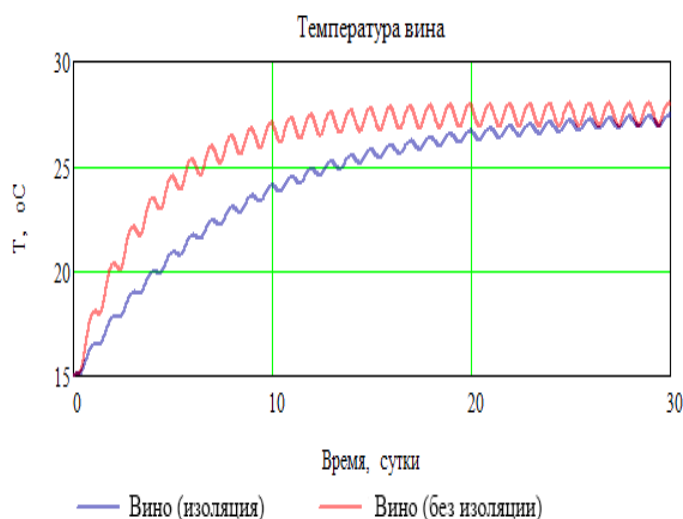
Для верифікації розробленої математичної моделі та програми

розрахунку створена фізична модель об'єкта, з якою проведені експериментальні дослідження. Порівняння даних фізичного експерименту та математичного розрахунку показало співпадіння результатів з розбіжністю не більш 12%.

З використанням створеної математичної моделі і програми розрахунку досліджувався вплив теплоізоляції на термін досягнення максимально допустимої температури вина. Отримані дані

можна використовувати при плануванні логістичної діяльності.

Висновки: Як показують результати дослідження, приведені на рисунку, застосування теплоізоляції для транспортного контейнера дозволяє підвищити термін перевезення вина в ньому без перевищення максимально допустимої його температури в два рази.



ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯМ ДВОСТАДІЙНОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА ЗА ДОПОМОГОЮ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ

Солодкий Є.І.¹, Прохоренко А. О.¹, Кравченко С. С.²

¹*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,*

²*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків

Посилення з кожним роком на законодавчому рівні екологічних вимог, що пред'являються до дизелів, обмеження за рівнем емісії відпрацьованих газів і рівню шуму роботи, поряд із забезпеченням більш низької витрати палива, змушують дослідників покращувати робочий процес двигунів, удосконалювати конструкцію та його системи. Покращення екологічних показників дизелів можливо шляхом: впливу на організацію сумішоутворення і згоряння, застосування засобів нейтралізації, застосування альтернативних палив. Вагому частину способів вдосконалення дизелів з метою поліпшення їх екологічних показників відноситься до паливної апаратури.

Сучасні дизелі оснащуються електромеханічними акумуляторними системами паливоподачі високого тиску типу «Common rail» (Robert Bosch GmbH, Delphi Corporation, AVL List GmbH) за допомогою якої можливо не тільки впорскувати паливо з тиском більше 200 МПа, але і задаватися законом впорскування палива, застосовувати багатофазне впорскування, тим самим задовольняти сучасним вимогам «Євро-6» щодо токсичності відпрацьованих газів двигунів.

Проте, переважна більшість дизельних двигунів, які експлуатуються в Україні, використовують традиційні системи подачі палива гідромеханічного типу.

Основна ідея, що пропонується для такої паливної системи в наступному:

- на дизель встановлюється паливний насос зі збільшеним, в два рази, числом секцій високого тиску, з яких частина налаштовується та працює на нагнітання палива для так званого пілотного впорскування, а частина для основного впорскування, забезпечуючи необхідну циклову подачу;
- дві секції високого тиску паливного насоса працюють на один циліндр, лінії високого тиску цих секцій сполучаються за допомогою трійника з форсункою.

Виконані попередні розрахунки показали, що така ідея є реалізуємою, а завдяки впровадженню двостадійного впорскування палива з гідромеханічною паливною апаратурою можливо досягти зниження викидів оксидів азоту та шуму роботи дизелем зі збереженням рівня його індикаторних та ефективних показників.

МЕТОД И УСТАНОВКА ДЛЯ НИЗКОСКОРОСТНОЙ КАЛИБРОВКИ ТЕРМОАНЕМОМЕТРОВ

Тарасенко А.Н., Угольников С.В., Тарасенко Н.А.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", г. Харьков

В практике исследования процессов в теплотехническом и теплоэнергетическом оборудовании встречается необходимость измерения параметров газовых потоков, как в моделях, так и в натуральных объектах. Обзор используемых методов измерения показал, что в случае малых скоростей потока (менее 5 м/с) имеются характерные особенности, существенно влияющие на выбор метода измерения, его метрологического и методического обеспечения, в частности метода и аппаратных средств калибровки измерительных каналов.

В результате сравнительного анализа показано, что одним из методов наиболее полно отвечающим задаче измерения характеристик низкоскоростного газового потока является термоанемометрия, однако, ее использование требует проведения индивидуальной калибровки измерительных каналов, причем, классические методы – генерация эталонного потока и сравнение с результатами эталонного измерителя – по целому ряду причин не могут быть использованы. Среди возможных альтернатив, как для первичной, так и для оперативной калибровки термоанемометров, наиболее приемлемым выглядит «обращенный» метод, когда в неподвижной среде перемещается измеритель с фиксированной стабильной скоростью.

В работе, в соответствии с требуемыми для дальнейших измерений диапазоном скоростей и точности сформированы конструкция установки для калибровки термоанемометра, схема измерения параметров в процессе калибровки и аппаратный состав. Установка представляет собой закрытый торообразный канал с поперечным сечением 400х400 мм и длиной осевой линии 3600 мм, в котором движется датчик калибруемого анемометра. Для вращения датчика использован электродвигатель постоянного тока с реостатным регулятором оборотов и фрикционным редуктором, что обеспечивает высокую стабильность скорости. Система контроля скорости обеспечивала непрерывный отсчет с точностью до 10 мм/с. В ходе тестирования установки выявлен ряд факторов, оказывающих существенное возмущающее влияние на получаемые результаты. Отработаны методика и процедура выполнения калибровки термоанемометров минимизирующие эти возмущения.

Установка использована для калибровки партии термоанемометров в диапазоне скоростей 0,3...4,5 м/с, которые в дальнейшем применялись для измерения скорости потока в моделях газоходов и трубных пучков энергетических котлов.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В МЕТОДИЧНІЙ ПЕЧІ З КРОКУЮЧИМ ПОДОМ

Тарасенко М.О., Тарасенко О.М., Угольніков С.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При проектуванні нового та реконструкції діючого теплотехнічного обладнання застосовують оціночні розрахункові методики, які моделюють процеси теплообміну в даному обладнанні.

Найбільш поширеним методом дослідження високотемпературного нагріву є математичне моделювання. При побудові математичних моделей поділяють рішення задач на завдання зовнішнього і внутрішнього теплообміну.

Для нагріву великотоннажних заготовок (10 – 30 т), перед прокаткою, використовуються методичні печі з крокуючим подом. Заготовки в печі розташовуються на подових трубах з зазором між заготовками 20 – 30 см.

Верхня зона нагріву слябів вільна, нижня зона нагрівання захищена подовими трубами, опорними трубами і механізмом пересування заготовок. У зв'язку з цим умови теплообміну у верхній і нижній зонах печі істотно відрізняються. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі і величини теплових потоків в не захищених зонах досліджував ряд авторів: Ю.А.Сурінов, М.Н. Оцісік, Ю.Г. Качан та ін. Однак незважаючи на велику кількість досліджень питання не є повністю вирішеним, особливо для конкретних печей. Одним з найбільш достовірних способів вивчення процесів теплообміну є аналіз і обробка експериментальних даних.

У даній роботі отримані величини коефіцієнтів теплообміну на верхній і нижній поверхні сляба в залежності від робочої температури в печі. Оскільки в печі спостерігається складний теплообмін, з переважанням променевого теплообміну, то отримані значення коефіцієнтів тепловіддачі відповідають спільній дії конвективного та променевого теплообміну. Значення коефіцієнтів тепловіддачі отримані на підставі рішення зворотної задачі теплопровідності. При вирішенні даного завдання були відомі температури сляба по перетинах, в тому числі і над подовими трубами, а також реальна температура газів на поверхні сляба.

Особливий інтерес викликають дані щодо зміни температур в нижній частині сляба, в місцях контакту з глісажними трубами і в зонах між ними.

Для перевірки достовірності отриманих даних використовувався метод кінцевих елементів. Для розв'язання задачі використовувалося програмне забезпечення ANSYS (університетська версія). Похибка розрахункових і експериментальних даних по температурному полю сляба не перевищувала 150 С для всіх заданих точок. Отримані дані дозволяють розраховувати темп і час нагрівання слябів в залежності від температурного режиму, при двосторонньому нагріванні в печі з крокуючим подом.

ОЦІНКА ПОХИБКИ ТЕПЛОФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ
Тарасов О. І., Литвиненко О. О., Михайлова І. А., Наumenко С. П.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Проведення теплофізичних експериментів стало явищем надзвичайно рідкісним в силу їх дорожнечі, складності, тривалості підготовки і проведення. Найчастіше викладачі університету схилиються до комп'ютерного моделювання тих чи інших технічних процесів для поглибленого формування знань студентів. Причина такого вибору очевидна – це наочність і відносно швидке досягнення мети. Негативна сторона такого вибору – це відсутність здібностей у майбутніх фахівців оцінити надійність тих чи інших експериментальних залежностей між фізичними параметрами процесів, які використовуються для проектування машин.

Тому за мету роботи ставилося усунення цього недоліку навчального процесу шляхом створення малогабаритної аеродинамічної труби, розробки детальної методики проведення експерименту і обробки експериментальних даних.

Для цього виконувались наступні етапи роботи:

1) експериментальне дослідження тепловіддачі на пластині при обтіканні її повітрям і показ особливостей підготовки, проведення експерименту такого роду;

2) виконання детального аналізу витоків теплоти від нагрівальних елементів із застосування чисельного моделювання температурного стану робочої пластини;

3) проведення зіставлення експериментальних значень тепловіддачі зі значеннями, отриманими за надійними рівняннями подібності інших авторів;

4) оцінювання придатності установки для проведення досліджень такого роду.

Довжина робочої ділянки аеродинамічної труби дорівнювала 0,5 м, прямокутний поперечний переріз каналу труби дорівнювало $0,35 \times 0,15 \text{ м}^2$. Тепловіддача вивчалася на нижній стінці аеродинамічної труби, на якій вздовж течії повітря були встановлені три нагрівальні елементи. Нагрівальні елементи представляли собою смужки з константану перетином $10 \times 0,11 \text{ мм}^2$, на нижній поверхні яких були закріплені термопари. Максимальне значення локального числа Рейнольдса було $Re_x < 10^5$, тобто практично на всій поверхні розвивався ламінарний пограничний шар. При обробці результатів експериментів були враховані радіаційні втрати теплоти і втрати теплоти теплопровідністю уздовж нагрівальних елементів. Однак значення інтенсивності тепловіддачі виявилися в 3–4 рази більше, ніж при ламінарному режимі течії.

В результаті чисельного аналізу теплового стану експериментальної пластини були визначені втрати теплоти, які раніше не враховувалися, а саме витоки теплоти пов'язані з конвективним теплообміном на поверхнях експериментальних моделей, що не обігріваються, витоки теплоти від нагрівачів (альфа-калориметрів), які спотворюють результати визначення коефіцієнтів тепловіддачі.

В результаті було досягнуто практично повний збіг експериментальних значень інтенсивності тепловіддачі з розрахованими значеннями по надійному рівнянню подоби. Проведене дослідження є необхідним для формування компетенції магістрів теплотехнічних спеціальностей.

ВИКОРИСТАННЯ 3D МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВАРІЙНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТУРБІНИ

Фесенко К.В., Барієв А.А.

***Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ",
м. Харків***

Аварійна авіаційна турбіна (ААТ) являє собою невеликий пропелер з електричним генератором і/або гідравлічним насосом. Вона призначена для аварійного електроживлення літаків і/або підтримки тиску в гідравлічній системі бустерного управління. Приводом турбіни служить потік повітря, що набігає. Основними вимогами, що пред'являються до ААТ, є надійність, одинична потужність, тривалий термін служби, висока ступінь автоматизації.

Використання нових композитних матеріалів дає можливість створювати ААТ з більш високими масогабаритними та енергетичними показниками.

В доповіді представлені деякі результати проектування лопаті для вітротурбіни системи аварійної підтримки тиску в гідросистемі літака, аеродинамічних розрахунків і розрахунків на міцність та їх аналіз. Розглянуто роботу турбонасосної установки ВД004В, що призначена для живлення гідросистеми повітряного судна в аварійному режимі. Вона являє собою приводну дволопатевою турбіну зі змінюваним кутом атаки лопаток, що приводить в рух плунжерний насос змінної продуктивності. В роботі використовувалися режимні та геометричні параметри цієї установки для проведення аеродинамічних розрахунків течії та розрахунків на міцність.

В процесі виконання роботи проведено розрахунки просторової течії при обтіканні лопаті вітротурбіни. Основними рівняннями при описі просторової течії є система диференціальних рівнянь Нав'є – Стоксу. Розвиток обчислювальної математики і розробка ефективних чисельних методів рішення таких систем дозволили провести дослідження обтікання лопатей ААТ тривимірним потоком повітря за допомогою програми для розрахунку 3D в'язких течій ANSYS CFX.

Твердотільна модель лопаті ААТ створена в CAD системах SolidWorks і Autodesk Inventor, вихідними даними до якої були виміри за допомогою контрольно-вимірювальної машини. Розрахункова область для імпорту лопаті в ANSYS CFX виконана в системі SolidWorks. Після проведених розрахунків течії для різних режимів, що відрізняються висотою, швидкістю польоту та кутом атаки лопаті, визначені потужність і обертаючий момент на валу турбіни, осьова сила для кожного режиму (всього розглянуто 23 режими), а також отримані поля параметрів потоку перед турбіною, в області обертання і за турбіною.

Визначено найбільш проблемний режим роботи вітротурбіни при швидкості 730 км/год на висоті 2000 м, оскільки динамічний натиск на цьому режимі мінімальний. З цієї причини лопать працює при мінімальному куті атаки 15 градусів. За допомогою програми ANSYS найбільш навантажені режими польоту розраховані на міцність. В доповіді наведено аналіз розподілу повних деформацій і еквівалентних напруг в лопаті та визначено коефіцієнт запасу міцності.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ 3D МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА

Фесенко К.В., Панфілов Д.І.

***Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ",
м. Харків***

Розвиток та удосконалення відцентрових компресорів (ВЦК), які працюють на підприємствах газовидобувної та газотранспортної галузей України, є важливою задачею. Важливе місце при її вирішенні займає модернізація вже діючих ВЦК, що забезпечує значну економію коштів у порівнянні з їх повною заміною. Один з варіантів такої модернізації полягає в заміні проточної частини ВЦК на нову для забезпечення більш високої ступені стиснення. Найбільш доцільною виявляється модернізація робочого колеса відцентрового компресора.

Метою даної роботи є дослідження можливостей поліпшення конструктивних параметрів робочого колеса (РК) при проектуванні ВЦК для підвищення напору та ефективності за допомогою використання методів моделювання просторового потоку. Основним фактором, що визначає ефективність роботи лопаткової машини, є газодинамічна досконалість її проточної частини. Для адекватного розрахунку течії в елементах ВЦК застосовуються чисельні методи різного рівня складності, які відносно легко можуть бути використані в інженерній практиці. Використання комп'ютерних засобів моделювання робочих процесів, що протікають в різних частинах пристрою, дозволяє своєчасно виявляти ті чи інші фактори, які негативно впливають на роботу виробу, і оперативне їх усувати. Тим самим, скорочується час проектування, поліпшуються показники якості виробу, зростає довіра і задоволення замовника.

В доповіді представлено проектувальний розрахунок ступеня ВЦК з двома варіантами конструкції його проточної частини (з лопатковим і безлопатковим дифузорами). Отримані основні геометричні розміри проточної частини ВЦК і лопаткових вінців. Проведено розрахункове дослідження течії в робочому колесі спроектованого ВЦК за допомогою методу, розробленого в ХАІ. Розглянуто два варіанта виконання дифузора. Отримані газодинамічні параметри РК, а також ступеня ВЦК з лопатковим і безлопатковим дифузорами і проаналізовані їх сумарні характеристики.

Створено твердотільну модель ступеня ВЦК з лопатковими вінцями робочого колеса і лопаткового дифузора в CAD системі Siemens NX. Чисельне моделювання просторового потоку в робочому колесі ВЦК проводилося в програмному комплексі ANSYS. В результаті цього розрахунку отримано розподіл параметрів потоку, а також визначено інтегральні параметри, за якими побудовано сумарні характеристики робочого колеса ВЦК.

Проведено модифікацію геометричних параметрів РК ВЦК зміною геометричного кута лопатки на виході, тоді як інші геометричні параметри РК залишилися незмінними. На підставі проведених розрахункових досліджень розроблено рекомендації щодо поліпшення вихідного варіанту робочого колеса.

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ГІДРОТУРБІНИ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ

Фесенко К.В., Трибушной М.В.

***Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ",
м. Харків***

На даний час проходить поступова інтеграція енергосистеми України у загальноєвропейську, у зв'язку з чим вимоги до роботи енергогенеруючих об'єктів посилюються. Невід'ємною складовою енергосистеми України є гідроенергетика, середній вік об'єктів інфраструктури якої на даний час перевищує 35 років. Щоб гарантувати безпечну експлуатацію, довгострокову надійність і генеруючу потужність, основні об'єкти гідроенергетичної галузі повинні проходити комплексну своєчасну модернізацію.

Електромашини, до складу яких належать і гідротурбіни, є досить досконалими перетворювачами енергії з відносно високим ККД, який може досягати 98 – 99,5%. Втрачена в електромашині енергія перетворюється в тепло і викликає нагрівання окремих її частин. Найбільш чутливими до нагрівання є електроізоляційні матеріали, якість яких визначає допустимий рівень нагріву електричних машин. Втрати енергії, а отже, і нагрів збільшуються пропорційно зі збільшенням навантаження. Тому найбільша потужність навантаження, що допускається для даної електромашини, визначається головним чином допустимим рівнем нагрівання, а також механічної міцності її частин.

Для надійності роботи і досягнення прийнятної терміну служби нагрівання частин електромашини повинно бути обмежено. Велике значення має спосіб відведення тепла і охолодження. Тим самим саме система охолодження багато в чому визначає майбутній вигляд та ефективність електричної машини.

На прикладі реконструкції гідротурбіни однієї з українських ГЕС задля підвищення її потужності в доповіді показано процес модернізації відцентрового вентилятора системи охолодження гідротурбіни в умовах сучасного підприємства з використанням розрахунків різного рівня складності.

Відцентровий вентилятор встановлюється на вал та має привід від ротору гідротурбіни. Одноступеневий вихідний вентилятор забезпечує струм повітря як на роторну частину турбіни, так і на статорну. В модифікованій версії додається ще один ступінь – таким чином кожна з частин відцентрового вентилятора працює на свій контур.

За допомогою програмного комплексу SolidWorks проведено розробку 3D моделей складових частин вентилятора, а також розрахункове дослідження системи охолодження гідротурбіни з базовим та модифікованим варіантами відцентрового вентилятору.

Проведено розрахунок ефективності повітрообміну всередині гідротурбіни та розрахунок на міцність модифікованого відцентрового вентилятора. Максимально допустима витрата повітря, що створюється модифікованим відцентровим вентилятором, збільшена на 100% у порівнянні з базовим варіантом, що дозволило підвищити потужність гідротурбіни.

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОАУДИТА

Чорна Н.А.

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного
НАН України, м. Харків*

Першочерговим завданням, особливо на Україні, є зменшення об'ємів споживання природного газу та зміщення акцентів у бік використання відновлюваних джерел енергії. Тому енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності ставляться до числа вищих пріоритетів державної енергетичної політики. Для реалізації програми енергозбереження та енергоефективності прийнятий ряд законодавчих актів, основною метою яких є досягнення ефективного використання природних енергетичних ресурсів і потенціалу енергетичного сектора для стійкого росту економіки та підвищення якості життя населення країни. Для цього ухвалені відповідні рішення щодо стратегії використання різних ресурсів на підставі енергетичного аудиту. Задачею енергоаудита є проведення енергетичних обстежень підприємств, розробка й застосування методів підвищення рівня енергоефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і зниження витрат на енергозабезпечення та поліпшення екологічної ситуації на Україні.

На сьогодні перевага віддається підвищенню енергоефективності та використанню енергії з відновлюваних джерел енергії, а кроки для стимулювання розвитку цього напрямку будуть відігравати вирішальну роль в підйомі економіки України. Останнім часом питанню використання вітряної та сонячної енергії, як відновлюваних ресурсів, приділяється велика увага. Потенціал використання вітряної та сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження в енергетичні системи.

Для енергозабезпечення невеликих споживачів на віддалених територіях доцільним є створення автономних енерготехнологічних комплексів на базі електрохімічних та металогідридних технологій для живлення паливних комірок екологічно чистим паливом – воднем.

Використання технології перетворення енергії від первинних джерел із застосуванням електролізної установки, металогідридної системи акумулювання водню та паливної комірки дозволить не тільки вирішити проблему згладжування нерівномірності надходження енергії від відновлюваних джерел енергії, але і зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище України [1, 2].

Література:

1. Matsevytyi Y.M., Chorna N.A., Shevchenko A.A. Development of a perspective metal hydride energy accumulation system based on fuel cells for wind energetic // Journal of Mechanical Engineering. – 2019. – 22(4). – 48–52. <https://doi.org/10.15407/pmach2019.04.048>.
2. Avramenko A.N., Chorna N.A. Adaptation of metal-hydride hydrogen storage technologies for autonomous power supply systems based on fuel cells // XVI International Conference «HYDROGEN MATERIALS SCIENCE AND CHEMISTRY OF CARBON NANOMATERIALS» (ICHMS '2019). – Kiev (September 23-30, 2019). – 2019. – P. 88–89.

ПЕРЕТВОРЕННЯ АКВАТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ОКЕАНУ В ЕЛЕКТРИЧНУ

Шендрик О.М., Шендрик Д.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна м. Харків

Світова спільнота все більше приділяє увагу до екологічних питань боротьби з глобальним потеплінням. Стають дуже актуальними напрямки декарбонізації та її заміщення розвитку альтернативної «зеленої» енергетики. На фоні широкого використання сонячної енергії та енергії вітру дуже мало приділяється уваги невичерпним тепловим потенціалам Землі та океану – використання геотермальної [1] та акватермальної енергій.

В цій роботі розглядається спосіб перетворення акватермальної та сонячної енергії в електричну. На рис.1. наведений вертикальний розподіл температури води в океані, з якого видно, що різниця температури води на поверхні та на глибині 200 метрів може складати 6-12 °С. Якщо використовувати в якості теплоносія енергогенеруючої установки низькокиплячу речовину і додатково нагрівати її не тільки теплою поверхневою водою, а й за допомогою сонячної енергії то можна випаровувати теплоносій у випаровувачі (рис.2.) спрямовувати пару теплоносія на турбіну електрогенератору, після якого направляти відпрацьовану пару в конденсатор, що омивається холодною океанською водою, конденсувати теплоносій у рідину та повертати насосом у випаровувач. Використовуючи холодні океанські течії, процес можна посилити.

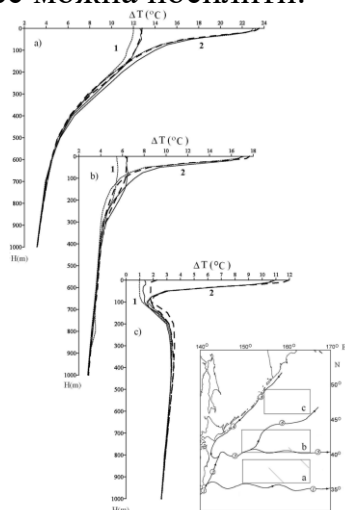


Рисунок 1 - Вертикальний розподіл температури (°С)

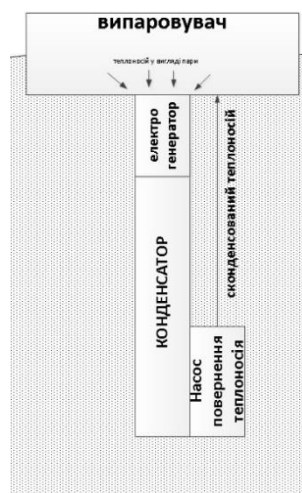


Рисунок 2 - Схема перетворювача акватермальної енергії в електричну

Література:

1. Спосіб перетворення геотермальної енергії в електричну: пат № UA 114339 U Україна. № u 2016 08198; заявл. 25.07.16.; опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5.
2. Сборник научных трудов Труды ГОИН: № 220/ ред. В.М. Грузинов; К вопросу о происхождении междекадной изменчивости современного климата Бышев В.И., Нейман В.Г. и др., Москва. 2019р.

ВПЛИВ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛОПЕРЕПАДІВ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОТОЧНИХ ЧАСТИН ПАРОВИХ ТУРБІН

Шерфедінов Р.Б. Усатий О.П., Авдєєва О.П.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В роботі розглянуто питання необхідності раціонального розподілу наявного теплоперепаду, потужності та ККД по ступенях циліндра високого тиску (ЦВТ) турбіни К-540-23,5 виробництва АТ «Турбоатом» з метою підвищення її потужності. Для правильного розподілу теплоперепаду циліндра між його ступеннями треба враховувати, нарівні із масовою витратою пари через ступені, також і їх ККД.

$$N_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n (H_{0i} \eta_{Ni} G_{0i});$$

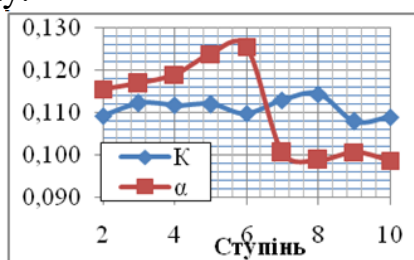
$N_{\text{ц}}$ – потужність циліндру; H_{0i} – наявний теплоперепад i -го ступеня;

η_i – потужністний ККД i -го ступеня; G_{0i} – масова витрата i -го ступеня.

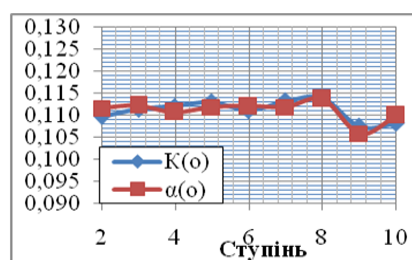
Проведений аналіз існуючого варіанта проточної частини ЦВТ свідчить про нерівномірність розподілу між коефіцієнтом K , який характеризує масову витрату пари і ККД ступеня, та коефіцієнтом α , що є характеристикою теплоперепаду по ступенях (Рисунок 1,а).

$$K = \frac{\eta_i G_{0i}}{\left(\sum_{i=1}^n (\eta_i G_{0i})\right)} \quad \alpha = \frac{H_{0i}}{\left(\sum_{i=1}^n H_{0i}\right)}$$

Результати оптимізації проточної частини ЦВТ виявили достатньо раціональний розподіл між ваговими коефіцієнтами K та α (Рисунок 1,б). Теплові розрахунки, які проведені для існуючого та оптимізованого варіантів проточної частини ЦВТ, показали підвищення потужності турбоагрегату в цілому.



а)



б)

Рисунок 1 - Вагові коефіцієнти проточної частини ЦВТ:

а) існуючий варіант; б) оптимізований варіант

Таким чином можна вважати справедливим підхід до необхідності отримання конструкції проточної частини з раціональним розподілом вагових коефіцієнтів при виконанні її оптимізації з метою підвищення енергетичних характеристик.

Література

1. А.В. Бойко, А.П. Усатий, А.С. Руденко Многокритериальная многопараметрическая оптимизация проточной части осевых турбин с учетом режимов эксплуатации. – Харьков: Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ»», 2014. – 220 с. – На рус.яз.

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ДИФУЗОРА ВИХЛОПНОГО ПАТРУБКА ТУРБИНИ НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЧИСЕЛ МАХА

Юдін Ю.О., Суботович В.П., Лапузін О.В., Малимон І.І.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут» м. Харків*

Течія в вісерадіальному диффузорі вихлопного патрубка ЦНТ через значне відхилення потоку від осевого до радіального напрямку на відносно короткій відстані призводить до локального прискорення потоку на зовнішньому обводі. Крім того, на течію в диффузорі значно впливає витік через радіальний зазор над робочим колесом останнього ступеня, а в багатьох конструкціях і кільцева лопатка, що розташована між зовнішнім і внутрішнім обводом дифузора.

В роботі виконані розрахункові дослідження двох конструкцій вихідних вісерадіальних дифузорів турбомашин, які відрізняються зовнішньою поверхнею і наявністю тороподібної кільцевої лопатки. Внутрішня поверхня та основні геометричні характеристики: ступінь розширення, відносне подовження, радіальність дифузора, втулкове відношення у обох варіантах зберігались незмінними. У першому варіанті конструкції дифузора зовнішня поверхня мала ступінчасту форму і наявність кільцевої лопатки, як у парових турбін типу К-300. У другому варіанті моделі дифузора, що виконано без кільцевої лопатки, – безступінчасту форму зовнішньої поверхні. Розрахунки виконано за допомогою CFD.

На початку дослідницької роботи проведено верифікацію розрахункових моделей, використовуючи експериментальні випробування подібних дифузорів, що виконувалися на кафедрі турбінобудування. Отримано задовільні результати.

Одержано залежності коефіцієнта повних втрат та його складових: коефіцієнтів внутрішніх втрат та з вихідною швидкістю від числа Маха у вхідному перерізі. Коефіцієнт повних втрат безступінчастого дифузора значно нижче, ніж у ступінчастого варіанту до чисел Маха нижче ніж 0,8. При більших числах M ступінчастий дифузор має менші втрати, ніж безступінчастий, у якого починається значне зростання коефіцієнта повних втрат, пов'язане з відривами потоку й хвильовими явищами. Визначено характер течії у дифузорах і проаналізовано периферійну зону з витоком над бандажем. Встановлено, що при плавному безступінчастому зовнішньому обводі має місце суттєве прискорення течії з надзвуковими швидкостями. Замикає надзвукову зону стрибок стиснення, який примикає до обводу дифузора. Відрив потоку починається практично відразу за стрибком.

Результати розрахункових досліджень можуть бути використані як при аналізі роботи існуючих конструкцій вихідних дифузорів ЦНТ потужних парових турбін, так і при проектуванні нових, особливо при наявності високих чисел Маха за останнім ступенем.

К ВОПРОСУ О МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ.

Ярошенко Т. И.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Анализ состояния энергетической отрасли Украины за последние годы показал, что годовое производство электроэнергии в 2014 году снизилось с 194—198 млрд кВт·ч до 182 млрд кВт·ч, что соответствует почти 3500 кВт·ч на душу населения (56-е место в мире). Среднегодовой коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ТЭС Украины составляет только 31 % (в мире в среднем — около 45 %), что обусловлено простоями и ремонтными работами, а также консервацией устаревшего оборудования. Средний электрический КПД ТЭС Украины составляет 29—31 %, тогда как за рубежом лучшие энергоблоки достигли уровня 45 %. По экологии ТЭС Украины также не соответствуют европейским требованиям. Это обусловлено несовершенной структурой украинской экономики и использованием устарелых технологий в наиболее энергоемких отраслях промышленности.

В последние годы в мировой энергетике широкое распространение получили инновационные разработки в области энергетического машиностроения. В этой связи большой интерес представляет внедрение в энергетику Украины парогазовых установок (ПГУ) утилизационного типа. Парогазовые установки характеризуются высоким коэффициентом использования топлива (до 90 %); КПД ПГУ достигают величины 75-80%. Применение ПГУ на ТЭЦ позволяет увеличить комбинированную выработку электроэнергии более чем в 2 раза по сравнению с существующими паротурбинными электростанциями. ПГУ имеют также очень большую экономическую и инвестиционную эффективность. Газотурбинная надстройка на существующих ТЭЦ могла бы служить наиболее оптимальным решением проблем при реконструкции устаревших энергоблоков Украины.

Показатели ПГУ существенно зависят от режимных параметров установки, поэтому выполнение научно-технических исследований в этой области является перспективным направлением. Повышение начальной температуры в ПГУ ограничивается применением специальных весьма жаростойких материалов и специальных систем охлаждения наиболее высокотемпературных частей установки.

Успешным решением проблемы может быть оптимизация режимов работы ПГУ путем варьирования степени регенерации теплоты бинарного цикла. Расчеты показывают, что при увеличении степени регенерации до предельных значений КПД установки может возрасти на 20 %; при этом расход топлива снижается с 0,16 до 0,09 кг/(кВт ч); улучшаются также и другие показатели работы энергоустановки.

СЕКЦІЯ 6. НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

СТРУКТУРА ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕТАЛУ ПРИ ПОВІТРЯНО-ПЛАЗМОВОМУ РІЗАННІ

Антонов П. Д., Єфіменко М. Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В ливарному і металообробному виробництві найбільш ефективним способом розділового різання товстостінного металу (прокат, труби, ливникові системи ін.) являється плазмове, а серед способів — повітряно-плазмове. Поміж тим висока температура в зоні різання викликають значні структурні зміни металу на оплавленій поверхні, а висока швидкість охолодження до утворення холодних тріщин.

Мета роботи: дослідження структурних змін в поверхневих шарах оплавленого металу при повітряно-плазмовому різанні.

Методика, матеріали і обладнання для досліджень. Дослідженню підлягали оплавлені поверхні після розділового різання деталей із сталей чотирьох структурних класів:

- вуглецевих Ст20, Ст35, У7;
- низьколегованих 10Г2, 15Х1М1ФЛ;
- середньолегованих 27Х2ГСНМЛ, 40ХЗН2МА;
- високолегованих 10Х18Н9Т, 07Х19Н11МЗ.

Товщина конструкцій, які розрізались 100...250 мм.

Структуру металу досліджували з використанням оптичного мікроскопа МІМ8-М; мікротвердість виявляли на приборі ПМТ-3.

Установлено, що висока швидкість охолодження поверхневих оплавлених шарів металу привела до здрібнення структури на всіх марках сталей, які досліджувались. Особливо слід відмітити низько- і середньолегованні сталі.

Характеристика структурних змін оплавленого металу різна. Структура низьковуглецевих сталей феррито-перлітна; вуглецевої сталі У7 мартенситна; низьколегованих сталей феритокарбідна з вкрапленням мартенситних колоній; середньолегованих — мартенсито-карбідна з незначними вкрапленнями аустеніту.

У високолегованих сталях структура не змінилася і представлена аустенітом.

Слід відмітити, що найвищою мікротвердістю (HV 680-820) характеризуються оплавлені поверхні середньолегованих сталей. На поверхні металу в сталі 40ХЗН2МА в деяких місцях виявлені мікротріщини.

Висновок.

1. Висока температура і швидкість розрізання металу приводить до здрібнення структури поверхневих оплавлених шарів.

2. В середньолегованих сталях метал поверхонь характеризується підвищеною мікротвердістю, структура — переважно мартенсит.

3. В сталі 40ХЗН2МА на поверхні оплавлених шарів виявлені мікротріщини.

ДЕФОРМУВАННЯ ПОЛОВИНЧАСТИХ ЧАВУНІВ З РІЗНОЮ ФОРМОЮ ТА ПОХОДЖЕННЯМ ГРАФІТНИХ ВКЛЮЧЕНЬ

¹Ашкелянець А. В., ²Миронова Т.М., ¹Ткаченко А.О.

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

²*Національна металургійна академія України, м. Дніпро*

Використання карбідних перетворень, що відбуваються в ледебуриті економнолегованих білих чавунів, дозволило суттєво підвищити їх пластичність. Завдяки застосуванню сплавів цього класу, що були названі дактильованими білими чавунами, стала можливою їх обробка тиском у промислових умовах [1, 2].

В промислових умовах в литих заготовках наявність «відбілу», тобто утворення евтектичного цементиту, а в білих чавунах виникнення графітних включень залежить не тільки від складу чавуну, а також і від технологічних чинників лиття, охолодження та після ливарного відпалу. У зв'язку з цим особливий науковий і практичний інтерес має дослідження поведінки половинчастих чавунів під час деформування.

В якості експериментальних сплавів використовували чавун ливників для виготовлення прокатних валків ($C = 3,44\%$, $Si = 1,32$), а також дактильований [1, 2] чавун з підвищеним вмістом кремнію до $2,2\% Si$.

В литому стані в структурі валкового чавуну крім графіту кулястої форми в значній кількості спостерігались ледебуритні колонії, а в дактильованих чавунах первинна структура складалась з дендритів твердого розчину та ледебуриту, але після попередньої деформаційно-термічної обробки відбувається графітизація.

Після повної графітизації цементиту в дактильованих чавунах пластичність досягає високого рівня: пластину з такого матеріалу завтовшки 3,2 мм осаджували вільним куванням у плоских бойках при кімнатній температурі до товщини 1,2 мм. Виконані металографічні дослідження свідчать про відсутність мікротріщин в такому зразку.

Література:

1. Миронова Т.М. Управление формированием структуры в белых ледебуритных чугунах на различных этапах деформационного передела / Т.М. Миронова, М.М. Рябчий // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – №4. – С. 79-81.
2. Дослідження особливостей Поведінки двошарових чавунних заготовок в процесі кування / Миронова Т.М., Ашкелянець А.В., Петруша А.А., Бояркін В.В., Моргун І.В. // Обработка металлов давлением: Тематич. Сб. научн. тр. №2(49) – Краматорск: ДГМА. - 2020. – С. 76-81.

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СТАЛІ S700MC

Бармін О.Є., Григор'єва С.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Довговічність промислового обладнання визначається станом його металоконструкцій, який залежить від багатьох чинників: конструкційних, технологічних і експлуатаційних.

Впровадження в промислових масштабах виробництва зварних металоконструкцій було революційним кроком у розвитку науки і техніки. Разом з тим, застосування зварювання в промисловості показало, що сам зварний шов має істотні недоліки, що необхідні серйозні дослідження фізиків, хіміків, металознавців для вирішення проблеми якості зварювання. Також виникли питання впливу наслідків зварювального процесу на властивості шва і околосшовної зони і пов'язану з цим несучу здатність конструкцій і через виникнення напруженого стану не тільки в околосшовній зоні, але і в цілому в металоконструкції.

Метою даного дослідження було встановлення причин тріщиноутворення в зварному з'єднанні листової сталі типу S700MC. Для виконання поставленої мети був проведений комплекс механічних досліджень зразків; вивчена макро- та мікроструктура зварного шва, околосшовної зони та основного металу; методом спектрального аналізу проведено визначення хімічного складу.

За результати спектрального аналізу встановлено, що матеріал зразка відповідає сталі S700MC за хімічним складом [1].

Дослідження макроструктури показало, що в зварному шві згідно з [2] спостерігаються дефекти: 402 - непровар по всій довжині зварного шва; 2012 - група газових пор, розподілених в металі зварного шва; 506 - наплав.

Металографічним аналізом виявлено, що зона зварного шва являє собою витягнуті первинні кристали зі структурою квазіевтектоїда з феритною облямівкою по границям зерен; у зоні термічного впливу спостерігаються рівноосні зерна зі структурою бейніта та зона основного металу являє собою високодисперсну феритно-карбідну суміш сорбітного типу, що добре узгоджується з результатами визначення мікротвердості.

Сукупність отриманих результатів, свідчить про порушення технологічних прийомів процесу зварювання, що призвело до виникнення неприпустимих дефектів і подальшого тріщиноутворення.

Література:

1. EN 10149-2-2013. Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming. Technical delivery conditions for thermo mechanically rolled steels.
2. ДСТУ 3491-96 (ГОСТ 30242-97) Дефекти з'єднань при зварюванні металів плавленням. Класифікація, позначення та визначення.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ

Бармін О.Є., Григор'єва С.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В основі створення матеріалу з заданими властивостями лежать два підходи – зміна хімічного складу матеріалу або отримання певної структури матеріалу. Ці два підходи лежать в основі всіх численних методів зміцнення поверхні – як за рахунок модифікування шару безпосередньо матеріалу деталі (без зміни геометричних розмірів деталі), так і за рахунок нанесення покриття на поверхню деталі (при цьому розмір деталі змінюється на величину нанесеного шару покриття).

У першому випадку змінюється як структура матеріалу в поверхневому шарі, так і хімічний склад або розподіл елементів по глибині шару. У другому випадку головним чинником зміцнення є обраний матеріал покриття, відмінний від основного матеріалу деталі і забезпечує необхідні властивості поверхні.

В даний час у виробничій практиці існує великий вибір зміцнюючих технологій, що дозволяє технологу відбирати ту технологію, яка найбільшою мірою підходить для заданої деталі і для її експлуатації. Все різноманіття зміцнюючих технологій з урахуванням особливостей процесу формування поверхневого шару можна представити в наступному вигляді (рис.1).

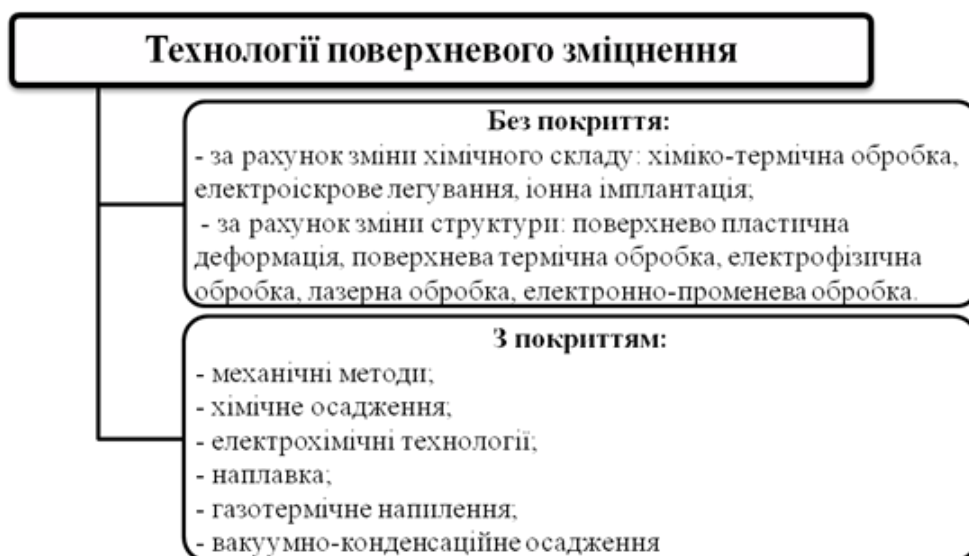


Рисунок 1 – Класифікація методів зміцнення поверхні і нанесення покриттів

У роботі проведено порівняльний аналіз можливостей отримання зміцненої поверхні різними методами. Показано, що для правильного вибору методів зміцнення та оптимальних параметрів технологічного процесу необхідно чітко уявляти, як реалізується схема в обраній технології.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ХРОМІТОВИХ ПІСКІВ

Берлізева Т.В., Пономаренко О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На якість виливків великий вплив мають формувальні суміші, властивості яких залежить від вихідних матеріалів.

Наповнювачі повинні мати відносно високу вогнетривкість, термічну стійкість, інертність до розплавленого металу, механічну міцність, низький коефіцієнт термічного розширення, однорідний зерновий склад і мінімальну вартість. В якості вогнетривких наповнювачів використовують кварцовий пісок, хроміти, циркон, хромомагнетит.

В даний час найбільш широко застосовуються кварцові формувальні піски: більше 90% всіх пісків, споживаних ливарним виробництвом. З точки зору ливарної технології кварцовий пісок має ряд безсумнівних переваг: високу температуру плавлення (1713°C) високу твердість, що сприяє гарному опору стираючої дії в процесах приготування сумішей, виготовлення форм і при вибиванні та очищенні виливків; хімічну інертність при звичайних температурах, гарну змішуваність з різними компонентами сумішей, хорошу змочуваність водою, а також майже з усіма застосовуваними в'язучим матеріалами; використовувати при виготовленні виливків з різних сплавів.

На відміну від кварцового піску, який має структурні перетворення при 575°C , хромітовий пісок не має алотропічних перетворень, має високу міцність при термічному ударі. При відносно високій температурі плавлення 1880°C , він має низьку температуру спікання 1100°C . Зона конденсації вологи в сирій формі на основі хроміту утворюється на значно більшій глибині, ніж в сумішах на кварцовому піску. Хроміт інертний до оксидів заліза при високих температурах в будь-якій газовій атмосфері, погано змочується рідким металом. Всі ці фактори, при виготовленні великих сталевих виливків, сприяють запобіганню утворення хімічного і механічного пригару, покращують умови кристалізації металу.

Завдяки високій теплопровідності і теплоакумулюючої здатності хроміта, можна здійснювати спрямованість затвердіння виливки і запобігати нерівномірності кристалізації.

Тому для потреб турбомашинобудування почали широко застосовувати високоогнеупорні і хімічно інертні хромітові піски марки AFS 45-50 ТУ У 13.2-35202765-001: 2011. Мінімальний вміст Cr_2O_3 має складати не менше 46%. Хромітовий пісок використовується як наповнювач для стрижневих і облицювальних сумішей для отримання виливків зі сталі. Особлива перевага проявляється при виготовленні важких виливків, коли необхідно високий опір ферростатическому тиску для .

Тому розробка оптимальних складів нових ХТС на хромітових пісках є актуальним завданням ливарного виробництва.

ВПЛИВ МІДІ В СКЛАДІ АЛЮМІНІЮ НА ФОРМУВАННЯ ПОКРИТТІВ МЕТОДОМ МДО

Білозеров В.В., Субботіна В.В., Субботін О.В., Шнайдер В.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Ефективним способом формування багатофункціональних покриттів на вентильних металах є метод мікродугового оксидування (МДО). Незважаючи на велику кількість робіт присвячених методу МДО, практично відсутні роботи по впливу легуючих елементів на процес МДО та властивості покриттів. Зазвичай основними параметрами процесу МДО є склад електроліту, густина струму, тривалість процесу і напруга.

Метою даної роботи є дослідження впливу міді на формування та властивості МДО-покриттів на алюмінії.

У даній роботі досліджені зразки, які відрізнялися за вмістом міді, що дозволить з'ясувати вплив міді, як легуючого елемента, на процеси формування і властивості покриттів. Виходячи з накопиченого досвіду при оксидуванні різних алюмінієвих сплавів встановлено, що при оксидуванні змінним струмом (380 В) оптимальна густина струму повинна складати $16 \div 25 \text{ А/дм}^2$.

В роботі встановлено, що стійкий процес мікродугового оксидування здійснюється в лужно-силікатному електроліті ($\text{KOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$). Структура поверхні МДО покриттів характеризується високою розвиненістю, однією з особливостей покриттів є їх двошарова будова. Верхній шар (технологічний) покриття – рихлий, шорсткий, легко видаляється шляхом зачистки на абразивному папері, тобто не зносостійкий. Внутрішній шар покриття (прилеглий до основи) – монолітний, зносостійкий, кристалічний. Відсутність пор, включень, відшарувань свідчать про хорошу адгезію покриття з основою. Результати рентгенівського фазового аналізу показали, що поверхневий шар алюмінієвих зразків перетворюється в високотемпературні кристалічні модифікації оксидів алюмінію: $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (муліт). Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що легування міддю алюмінію має істотний вплив на фазовий склад покриття як технологічного шару, так і основного.

Заслужовує уваги результат підвищення вмісту фази $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ (корунд) зі збільшенням вмісту міді, при цьому знижується вміст γ - фази. Цей результат можна пояснити повнотою поліморфного перетворення $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$. Повнота перетворення $\gamma \rightarrow \alpha$ пов'язана з процесами стабілізації та дестабілізації фази $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$. Мідь, легую фази $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$, дестабілізує її, що забезпечує збільшення фази $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ в складі покриття.

Зміна фазового складу покриття впливає на його властивості, що підтверджується зміною твердості покриття. Виявлено вплив міді на дисперсність структури основного шару покриття.

В роботі використані оптична мікроскопія, рентгенівська дифрактометрія, вимірювання мікротвердості, товщини покриттів.

СТРУКТУРНІ ЗМІНЕННЯ В ТОНКИХ Ti-Zr-Ni КВАЗІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВКАХ ПІСЛЯ ОПРОМІНЕННЯ ПЛАЗМОЮ

¹Богданов Ю.С., ¹Малихін С.В., ¹Суровицький С.В.,

²Геращенко С.С.

¹ *Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»»,

² *Інститут фізики плазми ННЦ*

«Харківський фізико-технічний інститут»», м. Харків

Квазікристали (QCs) представляють новий клас речовин в конденсованому стані. Структура квазікристалічних матеріалів має невластиву для кристалів симетрію 5 порядку. Це породжує безліч аномальних та унікальних фізичних властивостей, що істотно відрізняють їх від кристалів: низька тепло- та електропровідність, високі твердість та зносостійкість, низький коефіцієнт тертя та ін. Зважаючи на високу крихкість QCs найбільш перспективним представляється їх використання як покриттів на поверхні виробів функціонального призначення. Корозійна стійкість і висока температура плавлення роблять квазікристали на основі Ti-Zr-Ni - можливими кандидатами використання у якості високотемпературних захисних покриттів.

У попередній роботі нами вперше були досліджені особливості вирощування тонких плівок Ti-Zr-Ni методом магнетронного розпилення мішені складу Ti₄₁Zr_{38.3}Ni_{20.7} на підкладки при $T \approx 300\text{K}$ з наступним відпадом у вакуумі. Вивчено особливості формування фазового складу, структури та термічної стабільності тонких плівок квазікристалів. Відпрацьована лабораторно-технологічна методика отримання саме квазікристалічних плівок. В даній роботі методами рентгенівської дифрактометрії та СЕМ мікроскопії був досліджений вплив опромінювання водневою плазмою з тепловим навантаженням $0,2 \text{ МДж/м}^2$ квазікристалічних Ti-Zr-Ni плівок.

Обробка дифрактограм і наступний фазовий аналіз показали, що в зразку після відпаду при 500°C присутня одна фаза - це ікосаедрична квазікристалічна фаза. Параметр квазікристалічності становить $a_q = 0.5234 \text{ нм}$, а напівширина відбиття (20,32) - близько 17,4 мрад. Одним із доказів того, що це дійсно квазікристалічна фаза є той факт, що присутні кратні порядки відбиттів, (20,32) і (52,84) які мають величини міжплощинних відстаней, що відрізняються строго на $\tau = 1,168 \dots 3$ накопиченням кількості імпульсів водневої плазми від 2 до 20 імпульсів спостерігається монотонне зниження параметра квазікристалічності до $a_q = 0.5160 \text{ нм}$. Ширина відбиттів (18,29) та (20,32) змінюється немонотонно. Спочатку до 5 імпульсів збільшується практично на 20%, а потім зменшується до 12 мрад. Це свідчить про вдосконалення структури. Мікрозондовий аналіз поверхні не виявив суттєвого зміння елементного складу при опроміненні. В такому разі зменшення параметру квазікристалічності ми пов'язуємо із накопиченням в об'ємі плівок структурних вакансій.

АНАЛІЗ ФІЛЬТРІВ ПОШУКУ НА ОСНОВІ СЕМАНТИКИ ДЛЯ ПОЛЕГШЕННЯ НАВІГАЦІЇ І ПОЛІПШЕННЯ ПОВЕДІНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ВЕБ-РЕСУРСАХ

Вовк М.Д., Матюшенко М.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У цій роботі ми розглянули основи SEO і UX, розібралися для чого вони потрібні, який вплив роблять на поведінку клієнтів на сайті, його конверсію, наскільки в процентних співвідношенні він може підвищити відвідуваність сайту і середні чеки товарного кошику. Також був розглянутий семантичний смарт фільтр, ми дізналися яким чином він підвищує юзабіліті, з чого складається, і розглянули основи його розробки і впровадження. Також було пояснено використання програмних інструментів, розглянули варіант використання фреймворков і сторонніх фільтрів, показали переваги використання чистої розробки на HTML і JavaScript.

Розгалужена система фільтрів - необхідний елемент структури будь-якого великого інтернет-магазину. Відштовхуючись від типів товарів, потрібно створювати і опрацьовувати фільтри, які покриють всі можливі пошукові запити користувачів. Наприклад: фільтри за кольором, розміром, ціною, рейтингу бренду та інші. Впровадження системи фільтрації товарів може підвищити коефіцієнт конверсії інтернет-магазину на 26%. [1]

Відсоток інтернет-магазинів з хорошою системою пошукових фільтрів, вкрай малий. Впровадження релевантної розгалуженої системи фільтрів - відмінний шанс виділитися на тлі конкурентів і забезпечити максимальну зручність для користувачів.

Оскільки сайт проекту не великий, і немає необхідності в тонкому налаштуванні і введенні великої кількості розділів, вважаю оптимальною розробку фільтру за допомогою Java Script поверх мови розмітки HTML. [2]

Література:

1. И. Ашманов, А. Иванов. Оптимизация и продвижение сайтов в поисковых системах.

2. <https://myrusakov.ru/js-filter.html>

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ СТВОРЕННЯ ПОШУКОВОГО ДВИЖКА ДЛЯ БРАУЗЕРА

Волков Д. В., Сімонова О. Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний університет», м. Харків*

Проблема пошуку інформації - одна з вічних проблем людства. Узагальнюючи завдання пошуку, можна сказати, що людство постійно знаходиться в пошуку знань. Сучасні інформаційні технології надають людям сучасне рішення, такий як, пошукової движок, за допомогою якого, можна знайти потрібну інформацію в лічені секунди.

Метою даної проектної роботи є створення пошукового движка, за допомогою якого, можна знайти потрібну інформацію в лічені секунди.

Створений метод в даній проектній роботі полягає в тому, що побудова пошукового движка складається в рекурсивному парсированні вузлів структури дерева DOM різних сайтів і рекурсивним збереженні їх в базу даних MYSQL з використанням одного з патернів шаблону проектування - стратегія.

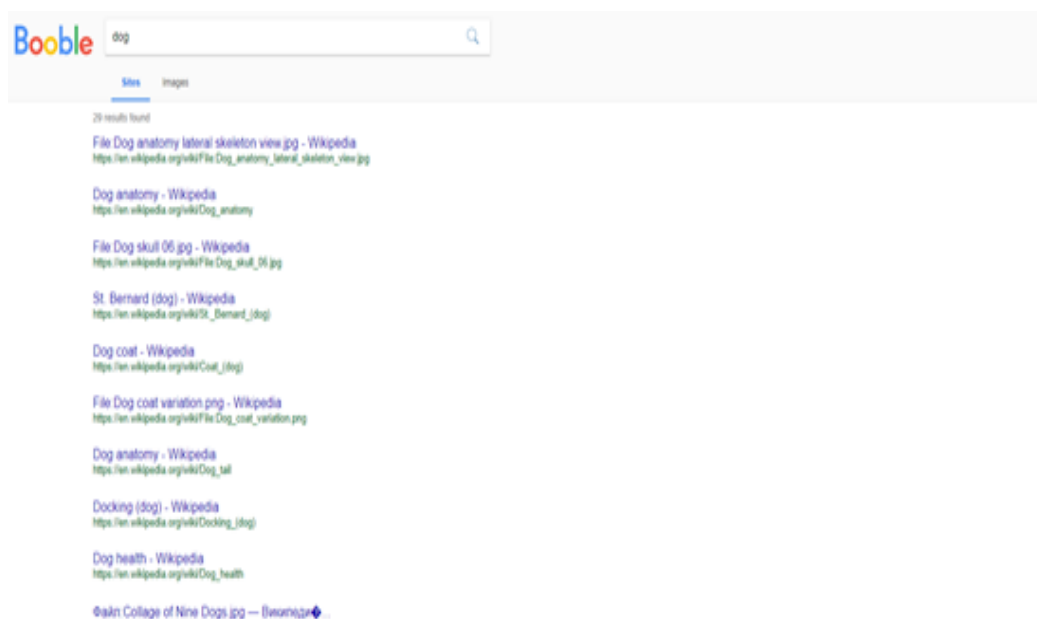


Рисунок 1 - Результат пошуку

За результатами тестування движка, можна затвердити, що пошуковий движок працює правильно, успішно та відображає результати у лічені мілісекунди.

В ході розробки пошукового движка було виконано аналіз інструментарію для розробки, встановлено задачі, аналіз критеріїв та виконано тестування движка.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ УМОВ ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРТЯ

Волков О.О., Федоренко Г.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Основним критерієм розуміння та вибору оптимального співвідношення твердості поверхневого шару та його глибини в об'єктах, що зміцнюються є очікувані експлуатаційні умови для даних виробів. В контексті зміцнення з використанням тертя цілком можливо керувати характеристиками потенційного результату. Відповідно, для зміцнення різних об'єктів необхідно мати великий спектр режимів оброблення з метою можливості вибору саме такого режиму, який буде задовольняти умовам інтенсивності та глибини зміцнення, щодо кожного конкретного об'єкту. З використанням математичного планування експерименту з побудуванням математичної моделі з'являється можливість оцінити вплив параметрів ТФЗ на мікротвердість та глибину зміцнення при зміцненні поверхні. В даному випадку була обрана математична модель експерименту у вигляді неповного поліному другого ступеню,

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_{12} \quad (1)$$

де b_0, b_1, b_2 – коефіцієнти регресії; $x_1; x_2$ – кодовані значення факторів (швидкості подачі S і глибини різання t).

Проведення такого моделювання дозволяє зробити оптимізацію режимів ТФЗ у вибраному режимному діапазоні для отримання необхідних співвідношень мікротвердості та глибини зміцнення в об'єктах, що оброблюються. Його результатом є побудування графічних залежностей, що дозволило провести чіткий вибір параметрів ТФЗ при зміцненні, а саме значень швидкості подачі S та глибини оброблення t . Використання останніх в різних співвідношеннях дає змогу отримати необхідні характеристики зміцнення. Приклад відповідної графічної залежності для сталі Х12М при ТФЗ представлений на рис. 1.

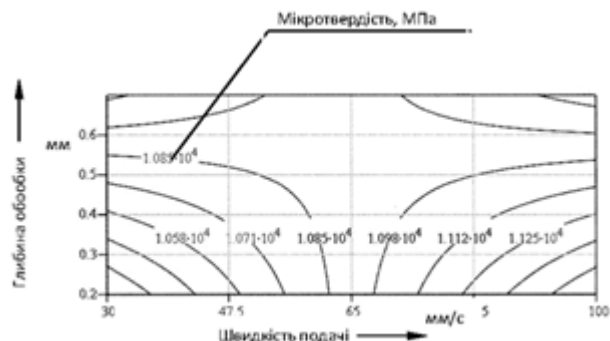


Рисунок 1 – Графік залежності мікротвердості від режимів ТФЗ в режимному діапазоні $S = 30\text{--}100$ мм/с і $t = 0,2\text{--}0,7$ мм для зразків сталі Х12М у вихідному стані після гартування та низькотемпературного відпускання.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ 3D ПЕРСОНАЖА ВІД РОЗРОБКИ КОНЦЕПТУ ДО МОДЕЛЮВАННЯ

Вус С.М., Шеліхова І.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання створення персонажу означеного типу засобами тривимірної комп'ютерної графіки. Було проведено аналітичний огляд літератури стосовно до всіх етапів розробки персонажу, від ідеї та формування образу до тривимірного втілення.

В ході дослідження було виявлено та запропоновано виділити та означити такі етапи, як: формування ідеї та опису персонажа та оформлення вимог до розробленого проекту у технічному завданні; розробка дизайну з урахуванням графічних та технічних особливостей проекту, створення супровідних концепт-артів; створення тривимірної моделі, ретопологія та корегування сітки, створення UV-розгортки, запікання карт; текстурування; ригінг або налаштування скелету; підготовка персонажу для подальшого інтегрування у проект. Окремим пунктом постає написання плагінів для оптимізації роботи над певною частиною моделі.

Значна частина аналітичної роботи присвячена дослідженню етапу розробки дизайну та концептів майбутнього персонажу. Для цього було проаналізовано роботи видатних анімаційних студій, таких як Disney та Pixar, Dream Works, Laika Entertainment та ін.

Концепт-арт являє собою ілюстрацію, або декілька ілюстрацій з високим ступенем інформативності [1]. У подальшому етапі роботи концепт-арти використовуються 3D-художниками у якості референсів. Створення концепт-арту спирається на такі важливі елементи, як збір даних щодо загальної ідеї твору, базових відомостей про героя: зовнішнього вигляду, його професійної діяльності, національних особливостей, звичок та визначних рис характеру, тощо. Наступний етап – визначення ключових елементів у формуванні образу, деталізація відомостей, та пошук референсів на дрібні деталі, аксесуари, тощо.

Значна увага приділяється таким моментам як вибір та опрацювання базових форм, що складають образ персонажу; кольорової палітри, відповідно до настрою та ролі, яку буде виконувати персонаж у сюжеті; силуету та стилізації, що корелює із цілями проекту та загальним стилем робіт студії [2].

На основі оброблених даних було запропоновано власний підхід до створення персонажу заданого типу. Результати його практичного застосування покладені в основу виконання практичної частини магістерської роботи.

Література:

1. Julia Rässa. CONCEPT ART CREATION METHODOLOGIES Visual Development of —Rock Boyl [Електронний ресурс] – URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/146949/Julia_Rassa_Thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Barrier, Michael, 1999, Hollywood Cartoons: American Animation in its Golden Age, p. 43, Oxford University Press, UK

FORMATION OF CREEP PORES IN WELDED JOINTS OF STEAM PIPELINES

Glushko A.V.

*National Technical University
«Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv*

Damage of welded joints of steam pipelines made of heat-resistant pearlitic steels (12Kh1MF and 15Kh1M1F) during their long-term operation (operating time more than 270000 hours) under creep conditions and low-cycle fatigue (the presence of start and stop) proceeds by the mechanism of pore formation and creep cracks, as well as by the mechanism of formation cracking fatigue.

The implementation of the above mechanisms is characterized by the presence of fundamental differences, which necessitates their separate consideration. The nucleation of pores occurs predominantly at the grain boundaries of the α -phase. The degree of pore appearance depends on the structural state of the welded joints of steam pipelines.

The initial structure of welded joints of steam pipelines, the formation of which is provided by welding heating, has a certain inhomogeneity. The structural state of welded joints made of heat-resistant pearlitic steels 12Kh1MF and 15Kh1M1F is regulated by regulatory documents.

Chemical composition of heat-resistant pearlitic steel 12Kh1MF, %: C – 0.10...0.15; Si – 0.17...0.37; Mn – 0.40...0.70; Cr – 0.90...1.20; Mo – 0.25...0.35; V – 0.15...0.30; Ni no more than 0.25; Cu no more than 0.20; S no more than 0.025; P no more than 0.025.

Chemical composition of heat-resistant pearlitic steel 15Kh1M1F, %: C – 0.10...0.16; Si – 0.15...0.37; Mn – 0.40...0.70; Cr – 1.10...1.40; Mo – 0.90...1.10; V – 0.20...0.35; Ni no more than 0.25; Cu no more than 0.20; S no more than 0.025; P no more than 0.025. Accordingly, the operating temperature should not exceed 570...580°C.

In the course of long-term operation of welded joints, their structure degrades, the rate of which depends on the initial structural state of the joints. The level of structure degradation largely determines the formation of creep pores and their transformation into creep cracks, which significantly reduces the strength characteristics of welded joints.

Pore formation is provided by operating stresses and temperatures, and also depends on the structural condition and properties of welded joints. With their long-term operation, the structure of the areas of incomplete recrystallization, overheating and fusion of the HAZ to a relatively greater extent than the base metal and weld metal turns into a ferrite-carbide mixture.

It was found that the nucleation of pores in the metal of welded joints of steam pipelines, operated for a long time under creep conditions, initially occurs primarily at the boundaries of the contact of the α -phase grains with coagulating carbides of the first group.

It was found that with an increase in the deformation of the metal of welded joints, the formation of creep pores is accelerated.

STUDY OF NANODISPERSED COMPOSITIONS BASED ON TITANIUM

¹Hlushkova D, ¹Kalinina N., ¹Bagrov V, ¹Stepaniuk A., ²Oles Honchar

¹*Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv*

²*Dnipro National University, Dnipro*

Purpose. The purpose of work was to study a problem of obtaining high-melting nanodispersed compositions with tailor-made crystallographic parameters for structural steels modifying.

Methodology. Materials and methods for nanodispersed compositions obtaining, methods of nanoparticles crystallographic parameters researching, studying of structural steels mechanical and working characteristics.

The study of size and crystallographic structure of nanocompositions was conducted with use of transmission electron microscope ЭМ-125 at 100000 times magnification and diffractometer ДРОН 2,0 in Cu-ray.

Results. Analysis of powders crystallographic characteristics, particles electron microscopic images and their microdiffraction patterns show that finely dispersed composition artificially created with plasma-chemical synthesis belongs to solid crystalline compounds. SiC, Ti(CN) saved their ability for self-faceting and represent discrete three-dimensional system. This contributed to plasma gas volume condensation during plasma-chemical synthesis, which allows particles to have free crystallizing surface, which is confirmed in studies. By revising of mechanical tests data set it was defined that in result of modifying with nanodispersed Ti(CN), strength and plastic steels characteristics are increasing: σ_B and $\sigma_{0,2}$ average increase is 20%; δ – 23%; ψ - 6%.

Obtained data of modified steels characteristics testing can have important practical meaning as they allows to take reasonable choice of composition and nanomodifier sized-crystallographic parameters.

The scientific trend of farther researches expect to study structure changes of steels modified by nanodispersed compositions.

Conclusions

1. Ti(CN) particles apparently serves as centers of crystallization allowing to obtain steel dispersed composition and thereby a high level of mechanical properties.

2. By structural steels mechanical characteristics data set analysis it was defined that titanium carbonitride modifying increase strength and plastic characteristics averagely on 20%; impact toughness has the biggest increase (on 40%).

3. The efficiency of nanodispersed compositions use in industrial conditions of structural steels with increased mechanical characteristics complex producing was determined.

Key words: nanodispersed composition, modifying, plasma-chemical synthesis,

References:

1. Nikiforchyn, H. Chapter 2: Physical and mechanical properties of surface nanocrystalline structures// Nanocomposites, Nanophotonics, Nanobiotechnology and Applications/
2. V. Kyrlyiv, O. Maksymov, O. Fesenko, L. Yatcenko. – Inbunden: Springer, 2014. – P. 31–41.
4. Barsoum, W. Max-Phases: Properties of Machinable Primary Carbides and Nitrides. John Wiley and sons. – Weinheim, Germany, 2013. – 126 p.
5. Калинина, Н.Е. Получение нанодисперсных модификаторов для обработки жаропрочных сплавов [Текст] / Н.Е. Калинина, О.А. Кавац, В.Т. Калинин// Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – №8(44). – С.41-44.

АНАЛІЗ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ В МЕТАЛІ ПАРОПРОВІДІВ ТА ЇХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Дмитрик В.В., Гаращенко О.С.

Національний технічний університет

"Харківський політехнічний інститут", м. Харків

Більшість енергоблоків ТЕС України відпрацювала свій парковий ресурс і їх експлуатація сягає близько 300 000 год. В енергоблоках, відповідно, знаходиться близько 14 000 зварних з'єднань, які значною мірою лімітують їх ресурс. Особливо лімітують ресурс ті зварні з'єднання зі сталей 12X1МФ та 15X1М1Ф, що працюють в умовах повзучості та малоциклової втоми.

В процесі довготривалого напруження зварних з'єднань їх вихідна структура перетворюється у ферито-карбідну суміш. Виявлення рівня такого перетворення надається доцільним для визначення опору повзучості, а також вивченню особливостей утворення мікропор повзучості і мікротріщин втоми.

Вивчення структури виконували на зразках зварних з'єднань зі сталі 12X1МФ, які були вирізані з діючих паропроводів.

Для порівняння використовували зразки зварних з'єднань зі сталей 12X1МФ та 15X1М1Ф, що мають ресурс експлуатації понад 270 000 год., зі щойно виготовленим зразком, що не має напруження.

За допомогою використання методів оптичної мікроскопії було отримано растрові зображення мікроструктури.

Виявлення критеріїв виділення структурних складових за отриманими зображеннями мікроструктури металу зварних з'єднань виконувалося на основі результатів статистичного аналізу величин компонент кольору пікселів на основі RGB і HSV моделей. Аналіз показав можливість виявлення перліту та фериту по V-компоненті кольору, яка характеризує яскравість кольору (Value або Brightness). Наведене положення підтверджує загальноприйняте виділення складових структур. На прикладі одного зі зразків надається виділення перліту шляхом заміни його вихідного кольору на білий. В якості, як порогове, що виділяється явно, значення яскравості кольору вибрано $V=0,46$. Вибір ґрунтується на показниках цільності розподілення величин компонентів яскравості кольору.

З усвідомленням виявленого порогового значення V-компоненти кольору визначили відносну кількість структурних складових на отриманих мікроструктурах. Шляхом аналізу отриманих даних встановили, що наявність складових у структурі металу зварного з'єднання суттєво відрізняється.

Результати аналізу показали, що для однотипних зразків зварних з'єднань, або близьких до однотипних, наявність перліту і його форма мають близькі особливості. Такі особливості більшою мірою характерні стосовно металу шва і основного металу. Тому надається доцільним визначати рівномірність розподілення перліту в металі зварних з'єднань.

Встановили, що при підвищенні погонної енергії процесу зварювання різниця між наявністю перліту в металі зварних з'єднань збільшується.

ПОШКОДЖУВАНІСТЬ МЕТАЛУ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ПАРОПРОВОДІВ

Дмитрик В.В., Касьяненко І.В.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Понад 60% енергоблоків ТЕС, до складу яких входять паропроводи і їх зварні з'єднання, відпрацювала свій парковий ресурс. Їх напрацювання сягає 270–300 тис. год. Паропроводи ТЕС, які працюють в умовах повзучості і малоциклової втоми, пошкоджуються парами повзучості і тріщинами втоми. Зазвичай паропроводи виготовляють із теплостійких перлітних сталей 15X1M1Ф і 12X1MФ.

Видається за доцільне оцінювати залишковий ресурс зварних з'єднань, що експлуатуються тривалий час, по структурному фактору.

Для досягнення поставленої мети на зразках вирізок з діючих паропроводів встановлювали залишковий ресурс зварних з'єднань за даними структурного аналізу, визначення фазового складу, тривалої міцності, повзучості та короткочасних механічних властивостей.

Встановили, що інтенсивність пароутворення в зварних з'єднаннях паропроводів при кожному з наступних після 200000 годин експлуатації пусків-зупинок збільшується приблизно на 15% на ділянці неповної перекристалізації зони термічного впливу, на 5% в основному металі і на 10% – в металі шва. Виявили, що найбільш інтенсивно утворюються пори в тій структурі ділянки неповної перекристалізації, де нові продукти розпаду аустеніту представляють глобуляризований перліт. Встановили, що сфероїдизація і розпад перліту починається вже при напрацюванні паропроводів близько 15-20 тис. год. Водночас при напрацюванні зварних з'єднань біля 170 тис. год. сфероїдизація і розпад перліту проходить повільно. Проте при подальшому їх напрацюванні процеси сфероїдизації прискорюються. На ділянці перегріву ЗТВ більшою мірою проходить коагуляція тих карбідів, які знаходяться на границях аустенітних зерен, що співпадають з границями перлітних складових у структурі ділянки. Запропоноване моделювання зварювального нагріву при виготовленні зварних з'єднань забезпечує отримання структур нових продуктів розпаду аустеніту у вигляді сорбіту, трооститу або бейніту. Інтенсивність пошкоджуваності порами при наявності таких структур приблизно на 40–50% менше, ніж при наявності глобуляризованого або пластинчастого перліту.

Встановили, що отримання зварних з'єднань паропроводів з поліпшеними якісними характеристиками вихідної структури дозволяє збільшити ресурс їх напрацювання до 300000 ч, що має суттєву доцільність для економіки України.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ХІМІЧНОГО ТРАВЛЕННЯ СПЛАВУ БрБ2 В РІЗНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ

Єгорова Л.М., Залогіна С.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Дослідження процесу анодного розчинення мідних сплавів має дуже велике значення в технології виробництва виробів точної механіки, оптики, радіоелектроніки та інших суміжних областях, де необхідно створення тонких і надтонких поверхневих структур, технології прецизійного травлення, нанесення малюнка, поєднання шарів та ін.

З метою оптимізації технологічного процесу травлення берилієвої бронзи за рахунок підбору оптимального складу травильного розчину було досліджено процес хімічного розчинення сплаву БрБ2 в розчинах різного складу.

Швидкість травлення берилієвої бронзи визначали за допомогою гравіметричного методу з використанням обертового дискового електрода (ОДЕ), виготовленого з берилієвої бронзи марки БрБ-2. Для вивчення селективності розчинення компонентів мідного сплаву БрБ2 вміст іонів Be^{2+} та Cu^{2+} в відпрацьованих травильних розчинах визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії з використанням спектрометра атомно-абсорбційного МГА-915 МД. Морфологічні особливості протравленої поверхні сплаву БрБ2 вивчали методом електронно-зондового мікроаналізу (ЕРМА) на скануючому електронному мікроскопі JSM-6390 LV з системою рентгенівського мікроаналізу INCA. Проведено експеримент по хімічному розчиненню сплаву БрБ2 в розчинах різного складу при високій швидкості обертань ОДЕ ($\omega=74 \text{ об} \cdot \text{с}^{-1}$), на підставі аналізу значення швидкості розчинення сплаву БрБ2 був обраний ряд складів травильних розчинів з високою швидкістю іонізації сплаву, в яких досліджено селективність розчинення компонентів берилієвої бронзи. Методом електронно-зондового аналізу було досліджено поверхню електродів зі сплаву БрБ2 після травлення в розчинах, склад яких забезпечує високу швидкість травлення. На підставі результатів, отриманих після сканування протравленої поверхні електрода зі сплаву БрБ2 процесу пасивації в вивчених розчинах не спостерігається, що свідчить про можливість забезпечення довготривалого травлення в досліджуваних розчинах.

В результаті дослідження процесу хімічного розчинення берилієвої бронзи у розчинах різного складу та визначення селективності розчинення компонентів сплаву БрБ2 і модифікації поверхні сплаву при хімічному травленні в розчинах різного складу обґрунтовано, що рівномірне та високошвидкісне хімічне розчинення берилієвої бронзи можливе в кислому середовищі у присутності іонів хлору, нітрат-іонів та іонів-окислювача Fe^{3+} та обрані складі розчинів, які забезпечують високошвидкісне і рівномірне травлення сплаву БрБ2: 1) 0,5 М FeCl_3 ; 2) 0,5 М FeCl_3 + 0,5 М $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ + 0,25 М H_2SO_4 ; 3) 0,5 М FeCl_3 + 0,5 М $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ + 0,5 М HCl . Встановлено відсутність пасивації поверхні внаслідок вивчення модифікації поверхні електрода з БрБ2 після травлення. Встановлено хімічну природу сполук на поверхні електродів з БрБ2 після травлення в досліджуваних розчинах.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВЕБ-ФРЕЙМВОРКУ DJANGO

Жорник Ю.О., Шеліхова І.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Предметом даної роботи є методи розробки веб-додатків. Веб-додатки - найбільш популярний напрям в розробці програмного забезпечення, адже завдяки їм можна донести певну інформацію великій кількості кінцевих користувачів по швидких каналах зв'язку. Саме тому комерційні замовлення на розробку веб-додатків так популярні і тому варто приділити особливу увагу технологіям розробки таких програм та визначення критеріїв для вибору.

У даній роботі виконано порівняльне дослідження найбільш популярних веб-фреймворків на сьогоднішній час, а саме: Django, Ruby on Rails, Laravel та Flask. Для цієї мети було виділено проблематику, проведений аналіз та способи розв'язання задачі, визначені критерії порівняння технологій та інструментарію, і створена порівняльна таблиця. Із порівняльної таблиці були зроблені висновки у користь фреймворку Django, через його придатність до розробки проектів зі складною бізнес-логікою і з високими вимогами до швидкості роботи, надійності і безпеки. Одною з головних переваг у використанні фреймворка є те, що він визначає уніфіковану структуру для побудованих на його базі додатків. Також було обґрунтовано вибір програмного забезпечення (середі розробки) і методи безпосередньо розв'язання задачі.

Проаналізувавши веб-фреймворк Django можна сказати, що це один із найкращих фреймворків так як він має у наборі велику кількість методів розробки веб-додатків, які на відміну від розглянутих веб-фреймворків, легкі та доступні для реалізації, що сприяє швидкому вивченню їх та вступу до подальшої експлуатації. Django пропонує методи розробки на базі шаблону MVC, за принципами якого побудовані найпопулярніші веб-фреймворки сучасності, а заздалегідь вбудована ORM значно пришвидшує швидкість розробки та реалізації шаблону, що значно виділяє його серед інших розглянутих фреймворків. Також важливим є метод модульності окремих шматочків додатку (Apps), що мають свої незалежні від інших модулів налаштування та функції. Через цей метод побудови веб-додатків на Django, фреймворк має можливість підключення вже готових рішень і навіть із коробки пропонує готові рішення, які найдуть своє місце у будь-якому веб-додатку.

Низький поріг входу і легка для зрозуміння мова програмування Python, робить його майже ідеальним для початківців, які хочуть створювати актуальні та високотехнологічні програмні продукти, які можуть конкурувати із сьогоднішнім ринком веб-додатків та пропонувати свої рішення.

Треба відзначити, що необхідність використання веб-фреймворку Django при створенні веб-додатків очевидна, оскільки даний метод підвищує ефективність роботи ресурсу, скорочує тимчасові, трудові і фінансові витрати.

ПРО СПРОЩЕННЯ В АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЯХ

Журило А.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У ГОСТ 2.305-68 є розділ 6 «Умовності та спрощення». Наведені в цьому розділі умовності дозволяють найбільш точно і чітко показати особливості зображуваного предмета, знизити витрати праці і часу на складання кресленика. Ці умовності розповсюджуються і на аксонометричні зображення. Але, існують і відмінності.

В аксонометричних проекціях спиці маховиків і шківів, ребра жорсткості і подібні елементи, розрізані уздовж, на відміну від ортогонального кресленика, заштриховуються. В аксонометричних проекціях допускається зображувати профіль різьблення цілком або частково.

Якщо предмет має декілька однакових, рівномірно розташованих елементів, то на зображенні цього предмета рекомендується цілком показати тільки один-два таких елементи (наприклад, один-два отвори або один-два зуби), а інші — спрощено або умовно. Допускається зображувати лише частину такого предмета з належними вказівками про кількість елементів, їхнє розташування і т.д. Довгомірні предмети (або елементи), що мають постійний поперечний переріз або такий, що закономірно змінюється (вали, ланцюги, дроти, фасонний прокат, шатуни і т.д.), допускається зображувати з розривами. На креслениках предметів із суцільною сіткою, плетінкою, орнаментом, рельєфом, накаткою і т.д. допускається зображувати ці елементи частково, з можливим спрощенням

Для спрощення роботи накатування можна зображувати за допомогою циркуля: центрами концентричних кіл (ліній штрихування) потрібно вибрати кінці великої осі еліпса — проекції основи циліндра (або конуса). Таке штрихування здається розташованим на поверхні циліндра.

У складальних креслениках на видах та розрізах рекомендується зображувати не все, що проектується на січну площину, а лише необхідне в даному випадку. Наприклад, допускається не показувати фаски, галтелі, проточування, поглиблення, виступи, насічки, обплетення та інші дрібні елементи. Допускається не показувати зазор між стрижнем та отвором, якщо немає особливих причин для його показу.

Ще одним зі спрощень і умовностей є зображення різьблення і фасок на прикладі гайки або головки болта. Часто на практиці кріпильні засоби взагалі показують один раз, а наявність інших аналогічних виробів визначають штрих - пунктирною лінією.

Таким чином, суттєво спрощуються побудови в аксонометрії. Але при цьому зберігаються всі інші корисні властивості цього виду наочних зображень, у тому числі і наочність при суттєвому зниженні трудомісткості побудови аксонометрії.

Література:

1. Журило А.Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А.Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХПІ», 2010. - 196 с.

ВПЛИВ ДИСПЕРСНОСТІ ЧАСТИНОК ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ВАКУУМНИХ НАНОДИСПЕРСНОЗМІЦНЕНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МІДІ

Зозуля Е.В.

*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Основною тенденцією розвитку провідникових дисперснозміцнених композитів є диспергування зміцнюючої фази до розмірів від декількох десятків нанометрів до декількох одиниць, що може наблизити їх по міцносним властивостям до старіючих сплавів і, за рахунок зниження об'ємного вмісту зміцнюючої фази, допоможе зберегти електропровідність наближено до її значення для металу матриці. З іншого боку, у ряді експериментальних досліджень відзначено значне зростання електроопору при зниженні розміру частинок зміцнюючої фази.

Метою роботи було дослідження впливу дисперсності частинок оксиду алюмінію на електропровідність у вакуумних нанодисперснозміцнених композитах (НДК) на основі міді.

Досліджено вплив вмісту Al_2O_3 ($f \in [0,2, 2,5]$ % об.) та дисперсності його частинок на електропровідність НДК $\text{Cu}-\text{Al}_2\text{O}_3$, одержаних методом ЕВ–PVD (електронно-променевого випаровування й одночасного осадження (конденсації) парів компонентів у вакуумі). Дисперсність частинок Al_2O_3 варіювали зміною температури підкладки (T_n). Структурні дослідження проводилися з використанням оптичної та просвічуючої електронної мікроскопії (електролітично зтоншених конденсатів і вуглецевих реплік з екстрагованими оксидними частками). Питомий електроопір НДК вимірювався за стандартним двохзондовим методом.

У вихідному стані НДК мають гетерогенну структуру, що складається з дрібнозернистої мідної матриці та рівномірно розподілених в ній нанодисперсних часток Al_2O_3 . Встановлено, що вміст f в дослідженому діапазоні істотно не впливає на середній розмір часток зміцнюючої фази. Статистичний аналіз показав, що середній розмір частинок (d_{cp}) НДК при підвищенні температури T_n збільшуються від 2 до 36 нм. Також з підвищенням T_n зростає дисперсія розподілу частинок за розміром.

Питомий електроопір (ρ) композитів, зміряний при 20°C, лінійно зростає зі збільшенням вмісту оксиду. Найбільш істотний внесок в ρ дає адитивний доданок, зв'язаний з Al_2O_3 . При цьому НДК з більш дисперсними частками Al_2O_3 показують більший ρ при однаковому складі. При зниженні d_{cp} до 20–25 нм величина ρ слабо зростає, але потім істотно і нелінійно підвищується, що обумовлено розсіянням електронів провідності. Також оцінено внесок в ρ границь зерен НДК.

Отримані результати показали можливість оптимізації структурного стану, з метою досягнення високого рівня електропровідності та міцності.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕТОДУ EB-PVD НА ЗЕРЕННУ ТА СУБЗЕРЕННУ СТРУКТУРУ НДК Cu-Al₂O₃

Зозуля Е.В., Терлецький О.С.

***Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут", м. Харків***

Сьогодні технологія EB-PVD (електронно-променевого випаровування й одночасного осадження (конденсації) парів компонентів у вакуумі) є технологією, що дозволила досягти найбільш значного прогресу у диспергуванні часток зміцнюючої фази з рівномірним розподілом її в матричному металі. Вона є перспективною для створення нових високоміцних провідникових нанодисперснозміцнених композитів (НДК) на основі міді. Зокрема НДК на основі системи Cu-Al₂O₃, що мають значну практичну важливість. Диспергування зміцнюючої фази до розмірів від 1 до 3 нанометрів наближає ці НДК по міцносним властивостям до старіючих сплавів і, за рахунок зниження об'ємного вмісту зміцнюючої фази, допоможе зберегти електропровідність наближено до її значення для металу матриці. Водночас, технологія EB-PVD дозволяє диспергувати і зерна мідної матриці, що підвищує внесок зернограничного зміцнення.

Мета роботи – дослідження впливу технологічних параметрів методу EB-PVD на зеренну та субзеренну структуру НДК на основі системи Cu-Al₂O₃.

Досліджено вплив наступних технологічних параметрів методу EB-PVD: вмісту Al₂O₃ (f) та температури підкладки (T_n). Структурні дослідження проводилися з використанням оптичної та просвічуючої електронної мікроскопії.

У вихідному стані НДК мають гетерогенну структуру, що складається з дрібнозернистої мідної матриці та рівномірно розподілених в ній нанодисперсних часток Al₂O₃. Встановлено, що форма зерен матриці композиту при досліджених температурах T_n обумовлена їх коалесценцією при осадженні. Частки Al₂O₃ гальмують коалесценцію збільшуючи число зерен правильної форми. Підвищення f і зниження температури T_n призводить до зменшення середнього розміру зерна і зростання кількості двійників. Зниження розміру зерна від мікро- до субмікрорівня не міняє закон гамма- розподілу їх розмірів, але при цьому знижується різнозернистість. Підвищення вмісту Al₂O₃ асимптотично знижує розмір зерен вздовж і впоперек напрямку їх зростання, посилює порізаність (зубчастість) границь. Дослідження показало, що найбільш чутливим структурним параметром до технологічних параметрів методу EB-PVD виявився коефіцієнт варіації товщини двійникових ламелей.

Отримані в роботі дані можуть бути використані при створенні високоміцних провідників нового покоління з оптимальним поєднанням міцності, пластичності і електропровідності.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ ХРОМОМ

Іващенко Є.В., Балахонова Н.О., Яременко Д.О.

Національний технічний університет

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Основним процесом ЕІЛ є електрична ерозія аноду при іскровому розряді у газовому середовищі, яка супроводжується полярним перенесенням продуктів ерозії на виріб-катод, дифузійною взаємодією матеріалів електродів, тепловими процесами та кристалізацією нових фаз, виникненням механічних напруг. Метою ЕІЛ є створення на поверхні виробу зміцненого шару, властивості якого визначаються складом, структурою та властивостями матеріалів електродів, технологічними параметрами ЕІЛ.

Врахувати всі процеси, що супроводжують ЕІЛ – складна задача, тому для попереднього аналізу параметрів ЕІЛ сталі 40Х хромом, обмежились результатами розв'язку одновимірної задачі теплопровідності [1], рис. 1, для одного імпульсу ЕІЛ із наступними припущеннями: 1) тепловий потік від аноду до катоду (виробу) є сталим по радіусу R , рис. 1; 2) матеріал виробу є ізотропним; 3) радіус джерела тепла залишається сталим; 4) теплові властивості матеріалу катоду залишаються сталими; 5) вся потужність ЕІЛ (енергія E_0 , рис. 1) передається на катод.

Для розрахунку брали наступні значення: радіус джерела тепла – $R = 3$ мм; радіус лунки від одного імпульсу ЕІЛ – 50 мкм; температура плавлення сталі 40Х – 1811 К та хрому – 2163 К; теплоємність сталі 40Х – 465 Дж/(кг·м³) та хрому – 849,1 Дж/(кг·м³); коефіцієнт теплопровідності сталі 40Х – 447 В/(м·К) та хрому – 56,6 В/(м·К); густина сталі 40Х – 7870 кг/м³ та хрому – 6860 кг/м³.

Теоретичний розрахунок показав, що для $R = 3$ мм, щоб досягти температур плавлення сталі 40Х необхідно на електроди надати потужність 174 Вт. За цих умов при тривалості імпульсів від 3 мс до 200 мс товщина зміцненого шару буде від 4 мкм до 20 мкм.

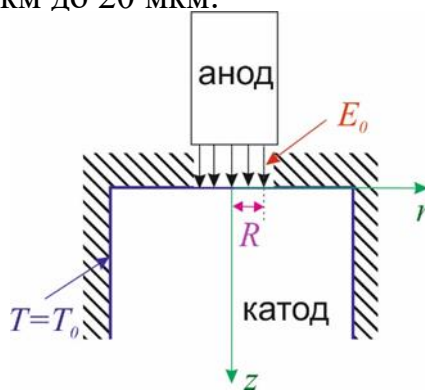


Рисунок 1- Одновимірна задача теплопровідності для ЕІЛ [2]

Література:

1. Allen P. Process simulation of micro electro-discharge machining on molybdenum / Philip Allen, Xiaolin Chen // Journal of Materials Processing Technology 186. 2007. - 346–355 p.

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ СТАЛІ 40X13 МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ ВОЛЬФРАМОМ ТА ГРАФІТОМ

Іващенко Є.В., Лобачова Г.Г., Балахонова Н.О.

Національний технічний університет

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Для підвищення надійності та збільшення ресурсу роботи деталей механізмів, для яких суттєве значення мають експлуатаційні характеристики саме робочої поверхні, необхідне застосування методів поверхневого зміцнення для поліпшення їх фізико-механічних властивостей. Одним з ефективних методів формування зміцнених покриттів є електроіскрове легування (ЕІЛ).

В роботі досліджено вплив ЕІЛ вольфрамом та графітом сталі 40X13 в різних послідовностях на кінетику формування зміцненого шару, мікроструктуру, мікротвердість та фазовий склад. ЕІЛ проводилося на установці “ЭЛИТРОН-26А” за таких параметрів: частота імпульсів ~ 50 Гц, сила струму розряду 2 – 2,2А, напруга між електродами 60-70В, час нанесення одного покриття 180-240с. Проведено процеси пошарового електроіскрового легування вольфрамом та графітом сталі 40X13 в наступних послідовностях: W–C–W, C–W–C, C–W–C–W, W–C–W–C. Для дослідження результатів обробки була застосована комплексна методика яка включала гравіметричний, мікроструктурний, мікродюрOMETричний та рентгенофазовий аналіз. В результаті проведеного дослідження показана можливість формування зміцнених покриттів на поверхні сталі 40X13 з мікротвердістю 9 ГПа – 12,5 ГПа пошаровим електроіскровим легуванням вольфрамом та вуглецем при різних послідовностях нанесення. Встановлено, що зміна послідовності пошарового ЕІЛ сталі 40X13 анодами вольфрамом та графітом впливає на фазовий склад легованого шару, мікроструктуру та мікротвердість. Найвищу мікротвердість – (12,5 ГПа) має легований шар сталі 40X13 при ЕІЛ в послідовності C – W – C – W, що зумовлено формуванням суміші карбідів волфраму -W₂C, WC, Fe₃W₃C. Показано, що мікротвердість легованого шару при ЕІЛ в послідовності C – W – C – W має значення: (11,5) ГПа, ЕІЛ в послідовності W – C–W–C- (11 ГПа), в послідовності W – C –W - (9,1 ГПа).

Виявлено, що найбільшу товщину (до 30 мкм) має легований шар утворений при ЕІЛ за схемою C– W – C. При інших послідовностях обробки товщина легованого шару не перевищує 20 мкм.

Література:

1. Лобачова Г.Г. Поверхневе зміцнення сплавів заліза електроіскровим легуванням цирконієм, титаном, хромом та хіміко-термічною обробкою: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.16.01 “Металознавство та термічна обробка металів”/ Г.Г. Лобачова.–Київ, 2012.–20с.

ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ ЗА РАХУНОК МАГНІТОКЕРОВАНОЇ ДУГИ У СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ

Іщенко О.В., Маршуба В.П.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Серед основних розроблювачів процесу зварювання наприкінці XIX ст. був відомий винахідник Н.Н. Бенардос, який є засновником способу зварювання в середовищі газів.

Практичне впровадження та усіяке розповсюдження даного способу зварювання припадає на XX ст. У якості найбільш поширеного захисного газу на теперішній час використовують інертні гази (аргон і гелій), активні гази (азот, водень, вуглекислий газ), а також суміші цих газів. Спосіб дугового зварювання в середовищі захисних газів засновано на принципі відтискування повітря із зони зварювання під тиском потоком різноманітних газів або їх сумішей.

Практично вперше зварювання у різноманітних газах та їх сумішах здійснили в 20-х рр. XX ст. у США. Перші повідомлення про зварювання в інертному газі вольфрамовим електродом, що не плавиться, з'явилися за рубежом на початку 40-х рр. минулого століття. У нашій країні аналогічний спосіб зварювання з'явився наприкінці 40-х рр. В 1949 р. в Інституті електрозварювання був розроблений спосіб зварювання вугільним електродом у вуглекислому газі.

Зварювання в інертному газі електродом, що плавиться, була розроблено в нашій країні в цей же час. В 1952 р. К.В. Любавський і Н.М. Новожилов отримали позитивні результати по зварюванню у вуглекислому газі електродом, що плавиться. У цей час є багато різновидів зварювання в захисних газах, які отримали широке використання [1].

Масштаби застосування зварювання в середовищі різноманітних газів у промисловості роблять особливо чутливими ті недоліки, якими вона володіє: не завжди задовільний зовнішній вигляд швів, у деяких випадках недостатня продуктивність процесу, підвищений рівень розбризкування електродного металу в залежності від виду газу або їх сумішей. При зварюванні втрачається в середньому 10 % електродного металу. Краплі розплавленого металу прилипають або сплавляються зі зварюваною деталлю, соплом пальника і струмознімачем. Попадання великих бризок в оброблення крайок збільшує можливість появи непроварів і шлакових включень в металі шва. Виникає необхідність введення додаткової, трудомісткою непродуктивної операції - зачищення.

Підвищення продуктивності і якості формування швів при зварюванні досягається шляхом впливу на дугу і метал зварювальної ванни магнітним полем струму, що протікає по прямолінійному провіднику розташованому перпендикулярно електроду.

Література:

1. Гуменюк І.В. Обладнання та технології зварювальних робіт : підручник / І.В. Гуменюк. - Київ : Грамота, 2005.- 272с.

КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ, СИНТЕЗОВАНИЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СВС-ПРОЦЕСУ

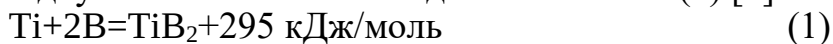
Калінін Є.І., Лузан А.С.

*«Харківський національний технічний університет
сільськогосподарства імені Петра Василенка», м. Харків*

Підвищення конструкційної міцності, надійності та довговічності деталей механізмів і машин, продовження ресурсу експлуатації, а також її реновація шляхом застосування сучасних матеріалів і технологій для відновлення працездатності вузлів до рівня нових виробів – пріоритетні напрями розвитку техніки.

В даний час одержав розвиток новий напрям – застосування для відновлення деталей наплавлених покриттів, модифікованих композиційними матеріалами, з метою підвищення їх зносостійкості.

Для синтезування модифікуючого композиційного матеріалу (МКМ), що містить бори́ди, використовували титан, оскільки процес синтезування дибориду титану відбувається з великим виділенням тепла (1) [1].



Крім цього слід зазначити високий екзотермічний ефект реакції утворення карбіду титану (2).



В результаті тепла, що виділяється, температура твердих і розплавлених продуктів реакції досягає 2500-3500 К, тому реакція не залежить від зовнішніх джерел нагріву і може поширюватися як хвиля горіння, яка сама виробляє енергію для свого поширення – СВС-процес.

Мікроструктура наплавлених покриттів композиційним матеріалом (КМ) представляє матричний матеріал з самофлюсуючого сплаву ПГ-10Н-01, в якому рівномірно розподілені тверді включення.

Як показали результати рентгенофазового аналізу наплавленого покриття КМ складу (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) цими частками є диборид титану (TiB_2), борид хрому (CrB), борид нікелю (Ni_3B) і оксид титану (TiO) [1].

Результати випробувань на зносостійкість показали, що абразивна зносостійкість наплавленого дуговим методом КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) в 1,7 раз перевищує показник для самофлюсуючого сплаву ПГ-10Н-01.

Таким чином, наявність в наплавленому покритті дибориду титану (TiB_2), боридів хрому (CrB) і нікелю (Ni_3B), оксиду титану призводить до зниження інтенсивності зношування при роботі деталі в абразивному середовищі.

Література:

1. Luzan, S.A., Sidashenko, A.I., Luzan, A.S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using SHS-process (2020) Metallofizika i Noveishie Tekhnologii, 42 (4), pp. 541-552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>

АНАЛІЗ КОНЦЕПТІВ MOTION DESIGN В UI/UX

Кибицька М.М., Матюшенко М.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У даній роботі піднімається питання про анімацію призначену для юзеру, як про метод підвищення позитивного користувацького досвіду за допомогою привабливих і функціональних інтерфейсів.

Було розглянуто використання і призначення анімації інтерфейсу в орієнтованому на користувача UI / UX дизайні з точки зору ефективних мікровзаємодій. В призначених для користувача інтерфейсів анімація має величезний потенціал у вирішенні різноманітних проблем взаємодії. Проте, навіть найменший рух, доданий в призначений для користувача інтерфейс, вимагає вдумливого підходу, аналізує не тільки переваги, а й можливі недоліки.[1] Анімація повинна підтримувати користувача, це її основна мета в інтерфейсі.

Анімація в UI/UX – це інструмент великої сили, що вдихає життя в процес взаємодії.[2] Він допомагає користувачеві отримати швидкий зворотній зв'язок, надає можливості для швидкої і простої мікро-взаємодії, виділяє ключові елементи макета і додає захоплююче відчуття живого і динамічного процесу. При розумному використанні він здатний додати користувачеві більше позитивних емоцій.

Сьогодні анімація інтерфейсу є відмінним способом утримання користувачів, так як вона робить інтерфейс сайту більш приємним і дозволяє вирішувати їх проблеми швидше.

Анімації створюють в спеціальних програмах, але універсального інструмента для вирішення всіх завдань не існує. Тому було вирішено обрати пакет Adobe для максимальної результативності у створенні анімації.

Література:

1. Емоційний веб-дизайн /Аарон Уолтер / 160 ст., У 2012 р.
2. Основи проектування взаємодії /Алан Купер/Видавництво – Символ-Плюс,2009 р.

ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ АУСТЕНІТНОЇ СТАЛІ ПІСЛЯ БОРУВАННЯ ТОНКОГО ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

Князєв С.А., Реброва О.М., Талаконніков Є.І.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Відсутність можливості зміцнення сталей аустенітного класу традиційною термічною обробкою ставить задачу пошуку способів підвищення механічних характеристик сталей цього класу. Задача дещо ускладняється для тонколистового прокату, який при обробці не повинен змінювати розміри та деформуватися. Сталь аустенітного класу 1.4301 є популярною у різноманітних сферах машинобудуванні і в своєму складі має 17,5-19,5 % хрому та 8 – 10,5 % нікелю. Даний склад забезпечує певну кислотостійкість, стійкість у середовищі хлорид іонів, високу пластичність та ударну в'язкість. В той же час структура даного класу сталей не забезпечує високої зносостійкості. Зносостійкість можна підвищити методами хіміко-термічної обробки, при чому один вид ХТО доволі широко використовується для зміцнення аустенітних сталей.

Насичення поверхні бором забезпечує високу поверхневу зносостійкість.

Пасти, з яких проводиться борування, дуже технологічні і непримхливі. Доступність сумішей з порошків склад яких є ноу-хау авторів дозволяють широко використовувати процес, для зміцнення поверхонь деталей машин.

Процес борування проводився у контейнері, який звантажувався у прогріту камерну піч з окисною атмосферою. Температура обробки становила 1000°C, тривалість витримки 2,5 години. Далі зразки охолоджувались на повітрі.

Результати обробки були отримані на зразках для механічних випробувань. Зразки (1 – 1,5 мм по перетину у вигляді полос) досліджувались металографічно з виявленням борованого шару. Додатково встановлювались показники твердості, мікротвердості, міцності при розтягуванні на розрив. Дослідження встановили, що окрім підвищення макро- та мікротвердості збільшились показники межі міцності на 32 %, і у два рази збільшити умовну межу текучесті (у вихідному стані $\sigma_b = 530$ МПа, $\sigma_{0,2} = 216$ МПа, після борування $\sigma_b = 703$ МПа, $\sigma_{0,2} = 509$ МПа) при 30 % площі перетину, яка змінила структуру після борування.

Таким чином, запропонований варіант борування сталі 1.4301 дає змогу сформуванню зносостійкий шар з поєднанням зміцнюючої обробки яка ефективна для тонколистового прокату.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КВАЗІКРИСТАЛІВ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛІВ Ti-Zr-Ni

Конотопська Н.В., Конотопський Л.Є., Старіков В.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Квазікристали були відкриті в 1984 році Д. Шехтманом [1] методом надшвидкого загартування і представляють собою тверді речовини, будова яких є проміжною між будовою кристалів і аморфних тіл. Вони являють собою новий клас сплавів металів, що характеризуються наявністю дальнього порядку в розташуванні атомів, відсутністю трансляційної інваріантності та симетріями 5-, 7-, 8-, 9- чи 10-го порядків, які заборонені класичною кристалографією. Завдяки унікальним фізичним властивостям, вивчення структури квазікристалів є дуже актуальним в теперішній час.

В даній роботі досліджувались тонкі плівки ($H=20$ нм), які були нанесені методом прямого магнетронного розпилювання мішені Ti-Zr-Ni на підкладки Al_2O_3 . У вихідному стані згідно з даними рентгенівського фазового аналізу плівки мали аморфну структуру. ІЧ-спектри пропускання, відбиття та поглинання (рис. 1) свідчать про те, що оптичні властивості плівок близькі до металічних. Відпал плівок у вакуумній камері ($P=10^{-5}$ Па) при температурі 973 К протягом 1 години призводить до структурно-фазового перетворення, що підтверджується зміною характеру ІЧ-спектрів, які стають схожими на ІЧ-спектри напівпровідникових матеріалів.

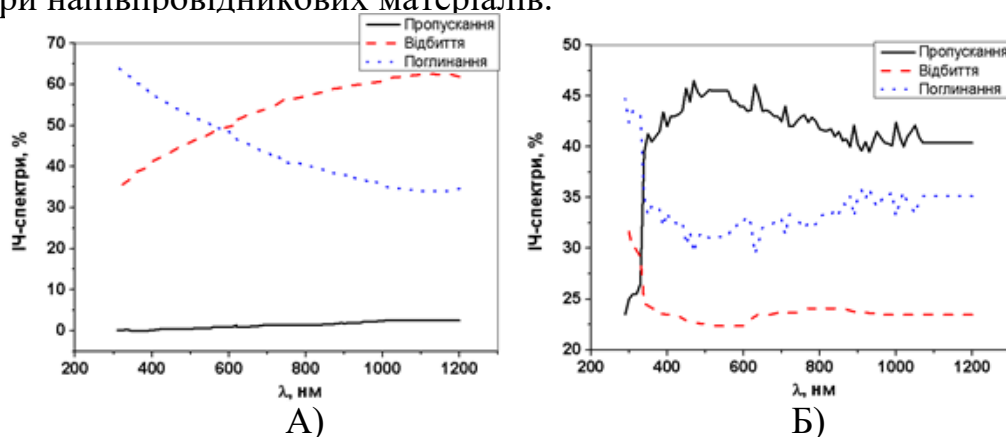


Рис. 1 – ІЧ-спектри плівок Ti-Zr-Ni у вихідному стані (А) та після відпалу (Б)

Література:

1. D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, and J. W. Cahn Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and No Translational Symmetry // «Physical Review Letters», Vol. 53, 1984, p. 1951-1954

ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ ІНСТРУМЕНТІВ СУЧАСНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

¹Костик К.О., ²Костик В.О., ²Ковальов В.Д.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

Збільшення терміну експлуатації і зносостійкості інструменту шляхом поверхневого зміцнення є актуальним питанням, вирішення якого сприяє значному збільшенню працездатності виробів. Існуючі способи поверхневого зміцнення інструментів, які засновані на нанесенні покриттів або зміні стану поверхні, набувають все більшого значення у зв'язку з ускладненням експлуатації виробів.

Для дослідження використовували пластини з твердих сплавів і циліндричні зразки зі швидкорізальних сталей.

Дослідження показали, що після обробки імпульсним магнітним полем пластин зі сплаву Т15К6 у різального інструменту стійкість набула більш ніж на 200 % щодо необроблених. Запропонований спосіб дозволить підвищити міцність твердосплавних пластин та стабілізувати фізико-механічні властивості ріжучого інструменту.

Зміцнююча обробка інструментів з легованих сталей методом борування в пастах з нанодисперсних порошків показала, що товщина боридного шару для швидкорізальних сталей збільшується з тривалістю процесу, однак швидкість його зростання залежить від складу сталі. Збільшення часу витримки хіміко-термічної обробки приводить до зростання боридних шарів, який змінюється за поліномом другого ступеня. Виявлена особливість формування дифузійних шарів, залежність поверхневої твердості та товщини шару боридів від часу борування для швидкорізальних сталей.

Дослідження показали, що борування в нанодисперсному середовищі дозволяє значно підвищити зносостійкість сталей. Проведений метод експертних оцінок максимальних значень поверхневих властивостей для досліджених сталей показав, що більш раціонально застосування в якості ріжучого інструменту сталь Р6М5 після зміцнення поверхневого шару методом борування в нанодисперсному борвмісному порошку.

Запропонований метод обробки показує перспективність використання його для підвищення працездатності виробів та дозволяє значно підвищити зносостійкість матеріалів, майже в 4 рази, порівняно зі сталями без обробки.

АНАЛІЗ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА З ДИСПЕРСІЙНИМ ТВЕРДІННЯМ

Костик К.О., Акімов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Існує цілий ряд сплавів на основі заліза з дисперсійним твердінням, найвідомішою групою з яких є сталі аустенітного класу. Однак недоліками відомих сплавів є низька корозійна стійкість, наприклад, через високий вміст марганцю, низька окалиностійкість, формування крихкої фази, недостатні показники міцності і в'язкості. Причиною перерахованих недоліків, головним чином, є хімічний склад сплаву.

Відома сталь 4X15H7Г7Ф2МС є жароміцною високолегованою сталлю аустенітного класу, яка використовується в промисловості для виготовлення лопаток газових турбін, кріпильних деталей, що працюють при температурі 650 °С обмежений час. Однак недоліком даної відомої сталі є недостатня кількість дисперсно-твердіючих частинок, що впливає на міцність даної сталі.

Недоліками дисперсно-твердіючої аустенітної сталі 20Г18С2Ф з карбідним зміцненням, яка містить (мас.%): 0,15–0,25 С; 17,0–19,0 Мп; 2,0–2,5 Si; 1,1–1,5 V і Fe – інше, є низька міцність. Це пов'язано з недостатнім карбідодисперсійним твердінням через знижену кількість вуглецю при меншій кількості карбідоутворюючих елементів.

Інша відома дисперсійно-твердіюча аустенітна сталь містить елементи (мас.%): вуглець 0,25–0,5; марганець 16,0–25,0; кремній 1,0–3,0; ванадій 1,1–3,0; ніобій 0,1–1,0; вольфрам 0,1–3,0; залізо – інше. Причому співвідношення (V+Nb) до вуглецю має бути не менше 6, а загальна сума карбідоутворюючих елементів (V+Nb+W) не менше 1,8 %. При цьому сталь може додатково містити 0,1–3,0 мас.% молібдену. Основними і істотними недоліками цієї сталі є недостатні механічні властивості.

Таким чином, відомі сплави на основі заліза з дисперсійним твердінням мають ряд невирішених питань. Зокрема, вони не завжди забезпечують достатній рівень експлуатаційних властивостей. Тому перспективним напрямком є створення нового сплаву на основі заліза з дисперсійним твердінням завдяки обґрунтованому підбору хімічного складу сплаву для забезпечення високих значень експлуатаційних властивостей.

СТАДІЇ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ
Крахмальов О.В.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Процес зварювання можна розділити на три основні стадії: становлення стабільного протікання (початок зварювання); стабільне протікання; припинення процесу зварювання.

Становлення стабільного процесу зварювання визначає провар на початку шва і розбризкування. У більшості випадків бажана мінімальна тривалість потоку зварювання та швидкий розігрів виробу, який зварюється, без прискореного оплавлення електрода.

Існують контактні і безконтактні способи початку зварювання. При зварюванні електродом, що плавиться, застосовують контактні способи, при яких дуга розпалюється при закоротуванні електрода виробом. При зварюванні електродом, який плавиться, застосовують безконтактні способи, коли дуга розпалюється в результаті пробою високовольтним розрядом проміжку між електродом та виробом.

При зварюванні в захисних газах для отримання якісного початку шва без пор і розбризкування в зону зварювання попередньо подають захисний газ. При зварюванні дротом суцільного перерізу діаметром до 2,0 мм і порошковими дротами до 3,2 мм зварювання починають з попереднім закороченням на виріб. Електрод нагрівається і при великих швидкостях зростання сили току короткого замикання перегорає біля виробу.

Процес стабільного протікання зварювання повинен забезпечити зварне з'єднання з потрібними властивостями і розмірами. Процес можна вважати стабільним, коли його електричні і теплові характеристики не змінюються з часом. Стабільний процес зварювання можна отримати при безперервному і перервному горінні дуги, а також при перервах протікання току в зварювальному ланцюгу. Зварювання можна робити стаціонарною і нестаціонарною (імпульсною) дугою. Головною умовою стабільності процесу зварювання стаціонарною дугою є сталість сили току, напруги і довжини дуги. В деяких випадках при зварюванні стаціонарною дугою спостерігається короткочасні зміни довжини дуги, напруги і сили току, спричинені перенесенням великих крапель металу. Характерною ознакою стабільного процесу є утворення на електроді крапель, які перевищують діаметр електрода в 1,5 рази і більше.

Припинення процесу зварювання впливає на якість зварного з'єднання. Застосовують три способи припинення процесу: відключення подачі електродного дроту, розривом ланцюга, відключенням напруги джерела живлення і подачі захисного газу. Оптимальний варіант – зменшення напруги і сили току для заварювання кратера.

ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для отримання при дуговому зварюванні високоякісних з'єднань необхідний захист зони дуги і розплавленого металу від шкідливої дії повітря, а в деяких випадках легування і металургійна обробка металу шва. Для захисту зони дуги і розплавленого металу використовують газ, який подається струменем за допомогою пальника; іноді зварювання використовують в камерах, які наповнені газом. В якості захисних використовують інертні гази (аргон, гелій та їх суміші), які не взаємодіють з металом при зварюванні, та активні гази (вуглекислий газ, кисень та ін.), які взаємодіють з металами, а також їх суміші. Вид захисного газу визначає фізичні, металургійні і технологічні характеристики способу зварювання. Захисний газ обирають залежно від виду матеріалів, які зварюються, технологічних задач, вимог до зварних з'єднань, а також інших умов.

Зварювання в захисних газах можна виконувати електродом, що плавиться, при цьому дуга горить між електродом та виробом. Електрод в процесі зварювання не розплавляється і не потрапляє в шов. Дуга переміщується вздовж кромки, які зварюються, та оплавляє їх. При віддаленні дуги розплавлений метал твердіє, утворюється шов, який з'єднує кромки деталей. При зварюванні електродом, що плавиться, дуга горить між електродною проволокою, яка безперервно подається в дугу, та виробом. Дуга розплавляє проволоку і кромки виробу, в результаті чого утворюється зварювальна ванна. При переміщенні дуги зварювальна ванна твердіє, утворює шов, який з'єднує кромки виробу.

При необхідності металургійної обробки і додаткового легування шва в зону дуги подається невелика кількість розкислюючих або легуючих речовин. Ці речовини найпростіше вносити за допомогою порошкового дроту. Речовини, які утворюють шлак, вносять у вигляді пилу або парів разом із захисним газом, у вигляді магнітного флюсу або флюсу, який засипається між кромками, у вигляді обмазки, яка наноситься на поверхню електродного дроту та іншими способами. Склад металу шва можна змінити, якщо подавати в зону зварювання додатковий присадковий дріт, а також виконувати двохдугове зварювання в загальну ванну з використанням дроту різного складу. Для економії захисного газу і курування процесу зварювання проводять в двох окремих потоках газів, що подаються концентрично навколо дуги. У внутрішньому потоці горить дуга і знаходиться крапля електродного металу, а рідка металева ванна захищається сумішшю внутрішнього і зовнішнього потоків. В деяких випадках використовують двохдугове зварювання при поєднанні дуг з електродами, які плавляться і не плавляться, зварювання в захисному газі (перша дуга) зі зварюванням під флюсом (друга дуга).

ФОРМУВАННЯ МЕТАЛУ ПАЯНОГО З'ЄДНАННЯ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Формування металу паяного з'єднання складається з двох основних етапів – заповнення капілярного зазору розплавом припою і подальша його кристалізація. Перший етап передбачає при збиранні і нагріванні капілярного зазору між поверхнями, що з'єднуються, очищення поверхонь від забруднень і оксидних плівок, захист поверхонь при нагріванні від окислення або очищення їх при нагріванні за допомогою флюсів. Усі ці операції належать до технологічних чинників процесу паяння. Об'єктом матеріалознавства в основному є другий етап формування паяного з'єднання – кристалізація припою в проміжку. Від структури металу шва, що утворюється при цьому, залежать механічні властивості з'єднання.

Процес кристалізації металу паяного шва в першу чергу залежить від способу нагрівання вузла, що з'єднується паянням. При використанні концентрованих джерел тепла – газового полум'я, плазми, сконцентрованого світла галогенних ламп, лазерного променя – безпосередньо нагрівається місце розташування шва. В такому разі процес охолодження і кристалізації має багато спільного з процесом зварювання. Градієнт температури при охолодженні дає напрямок кристалізації розплаву. При нагріванні вузла в печі температурний градієнт значно менше впливає на кристалізацію розплаву припою. Масивний по відношенню до розмірів капілярів паяного шва об'єм вузла створює умови для ізотермічного процесу кристалізації. Основний вплив на кристалізацію в цьому випадку має градієнт концентрації елементів основного металу і припою. Зустрічна дифузія елементів припою в основний метал, а його компонентів у розплав припою, змінює склад у дифузійних зонах, що прилягають до спаю. У розплаві припою це в більшості випадків приводить до підвищення температури ліквідусу і початку кристалізації в ізотермічних умовах.

Одним із факторів побудови структури паяного шва є розмір паяльного зазору. При малих його розмірах (менш 0,05 мм) кристалізація може відбутись одночасно по всій товщині шва. Метал шва утворюють плоскі зерна, що кристалізуються між двома площинами спаїв. Такий шов може бути сформований як однофазним твердим розчином, так і багатофазним металом. При кристалізації однофазних твердих розчинів на межах зерен зустрічних фронтів відсутні інші структурні складові. У багатофазному розплаві металу припою відбувається ліквідація більш легкоплавких складових, що обумовлює утворення прошарку з відмінними структурними властивостями. У прошарку кристалізуються евтектика, до нього витісняються карбіди, інтерметаліди та неметалеві включення. Такі структурні складові локально розташовуються в центральній площині металу шва.

ВЗАЄМОДІЯ РОЗПЛАВУ ПРИПОЮ З ОСНОВНИМ МЕТАЛОМ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Взаємодія основного металу з розплавом припою можна розглядати як взаємодію обмеженого незначного об'єму рідкої фази розплавленого припою з нескінченною по відношенню до неї масою основного металу. Винятком є паяння тонкостінних конструкцій, в яких розміри прошарку розплавленого припою і деталей конструкції можуть бути достатньо близькими. Тому основним при високотемпературному паянні є процес дифузії елементів основного металу в розплав припою. На параметри цього процесу впливає багато факторів, з яких визначальними є градієнт концентрації та коефіцієнт дифузії.

Незважаючи на малий об'єм розплаву припою, в деяких випадках його вплив на формування не рознімного паяного з'єднання є важливим. Це пов'язано з негативним впливом розплаву припою на механічні властивості основного металу, а саме неприпустимим зниженням міцності і пластичності матеріалу, що паяється. Це явище називають ефектом Ребіндера і воно пов'язано з адсорбційним зниженням міцності твердого тіла в контакт з рідкою фазою, зокрема з розплавом припою. Суть ефекту полягає в полегшенні розриву твердого тіла і відповідно в зменшенні роботи утворення нових поверхонь на ньому. Дефекти, що утворюються при цьому (мікротріщини, вакансії, пори та ін.), сприяють формуванню макротріщин і деформації твердого тіла. Дефекти, що є капілярами, адсорбують атоми поверхнево-активного середовища і є каналами для їх подальшого проникнення в тверде тіло. Це призводить до зниження межі течії, крихкого руйнування і спонтанного подрібнення поверхневого прошарку. Взаємодія розплаву припою з дисперснотвердими сплавами зменшує їх міцність до 80%, а високолегованих сталей – до 25%. Зниження міцності і окрихчування відбувається за наявності напруги розтягування. Таке напруження створюється під дією ваги конструкції, при різниці коефіцієнтів термічного розширення деталей, алотропічних перетвореннях структури матеріалів, що супроводжується появою внутрішньої напруги.

Причиною руйнування і утворення дефектів при паянні може бути не тільки адсорбційний ефект Ребіндера. Взаємодія розплаву припою з основним металом може призвести до виникнення мікродефектів у металі, що паяється. Прикладом такого руйнування є утворення мікродефектів при паянні сталевих тонкостінних пластинчато-ребристих теплообмінників із застосуванням припою міді. Для виготовлення теплообмінників використовують м'яку стрічку зі сталі 08 товщиною 0,1-0,25 мм. Після паяння в місцях вигину стрічки з'являються дефекти у вигляді мікротечій, що виявляються при випробуванні стисненим повітрям у ванні з водою.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ КООРДИНАТНИХ СІТОК

Кузьменко В.І., Окунь А.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Метод координатних сіток широко використовується при дослідженні напружено-деформованого стану в пружних і пластичних задачах. Частіше застосовуються сітки, нанесені дряпанням або кернуванням. Однак точність замірів координат вузлів таких сіток відносно невелика. Перетин двох координатних ліній і вид вузла сітки, отриманої кернуванням за допомогою алмазного індентора, представлені на рис. 1, а, б. Для відліку координат вузлів візирні лінії мікроскопа необхідно виставити по центру прямокутника або кола. Зробити це з великою точністю складно. Після деформації досліджуваного зразка границі прямокутника і кола викривляються і розмиваються (рис. 1, г, д). Достовірне визначення положення їх центрів стає неможливим. Досвід показує, що навіть для прецизійних сіток, отриманих дряпанням алмазним наконечником, похибка вимірювання координат вузлів початкової сітки складає $\pm(3...6)$ мкм. При вимірюванні деформованої сітки ця похибка значно збільшується у зв'язку з викривленням форми вузла (рис. 1, г).

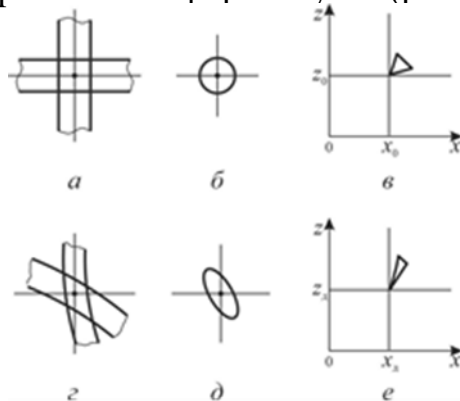


Рисунок 1 – Перетин координатних ліній

У роботі запропоновано метод нанесення вузлів координатної сітки індентором тригранної форми, встановленим у спеціальному пристрої на мікроскопі УИМ-21. Пристрій забезпечує постійне зусилля на інденторі. Відлік координат таких вузлів необхідно вести від однойменних вершин трикутників, розташовуючи візирні лінії мікроскопа відносно вершин так, як вказано на рис. 1 в, е. Викривлення трикутника після деформації не відображається на точності виставлення візирних ліній по вершині трикутника. Висоту трикутних відбитків приймали рівною 0,15...0,3 мм. Шаг сітки – 1 мм. Статистичне дослідження показало, що похибки вимірювання за двома координатами не перевищують ± 1 мкм. Розміри відбитків у зазначених межах не впливають на точність методу.

Запропонований метод нанесення і вимірювання вузлів координатних сіток дозволяє значно повисити точність експериментального розв'язання пружних задач і задач пластичного плину.

НАБУТТЯ СТУДЕНТАМИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 131.11 «ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ» ОСНОВ МЕТРОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА МАТЕМАТИЧНО ГРАМОТНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Латинін Ю.М., Пахомов С.Л.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Бакалавр, магістр без наявності у нього високої інженерної культури і, зокрема, в області метрології є нонсенсом. Але її набуття складний процес. Нерідко він натикається на складнощі, від розв'язання яких залежить ефективність навчального процесу в цілому. Щоб підвищити продуктивність навчання необхідно було виконати дидактичний аналіз усіх його складових, зокрема навчальної літератури. Особливу увагу було приділено студентським курсовим та дипломним роботам під кутом виявлення найбільш типових вад їх виконавців щодо володіння основами метрології, вмінь оперувати з наближеними числами і представляти результат досліджень правильними (вірними) значущими цифрами в інженерному чи науковому форматі. Деякі утруднення виникають тому, що у дослідженнях властивостей металів, зокрема твердості, використовують несистемні одиниці кгс/мм², а не МПа; тиск газу подають в атм., але не в Па тощо.

Наведемо найбільш типові похибки, викривлення, що допускають студенти старших курсів. Так, не завжди вони розуміють різницю між такими поняттями, як «розмірність», «одиниця виміру» та «розмір», представляють результат в науковому форматі, одночасно використовуючи при цьому часткові або кратні до основної одиниці виміру префікси, що затрудняє визначення порядку досліджуваної величини. Студенти не завжди обирають адекватну модель, методику та вимірювальні засоби, що відповідають поставленій меті, зокрема виконують розрахунки з надвисокою точністю, яка не потрібна за умовами задачі. Не дивно, що в дипломних роботах можна зустріти числа, що містять значну кількість розрядів, наприклад, 9...12, тобто сотні млрд. гривень, що є близьким до річного бюджету держави. Одночасно з цим, у роботах є і дуже «точні» розрахунки до тисячної частки гривні. Тут справедливе народне прислів'я, що кожна людина бажає «НА СВОЮ МІРКУ МІРЯТИ». В жодному разі таким не повинен бути ані майбутній бакалавр, магістр чи інженер. Тому без напрацювання у них відповідних компетенцій, навичок і вмінь не обійтись.

На кафедрі «Зварювання» завдяки дискусіям викладачів на методичних семінарах, консультаціях, з урахуванням думки студентів був вироблений єдиний методичний підхід до вдосконалення навчального процесу з цього питання при проведенні усіх видів занять. В результаті був розроблений і надрукований навчально-методичний посібник «Основи метрології обробка та представлення результатів досліджень». Вищезазначене стосується студентів

3-6 курсів. Але навчання – це єдиний та безперервний процес, який повинен починатися з першого курсу, а бажано – ще зі школи. Тому остаточне розв'язання цієї проблематики потребує подальшого дослідження.

СТРУКТУРА ПОКРИТТЯ Ti41Zr41Ni18 ПІСЛЯ ТЕРМІЧНОГО ВІДПАЛУ**Литвінюк Д.В., Девізенко О.Ю., Девізенко І.Ю., Кондратенко В.В.,****Конотопський Л.Є., Малихін С.В., Копилець І.А., Першін Ю.П.***Національний технічний університет**«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі досліджено покриття Ti41Zr41Ni18 (ат. %) товщиною 40нм в вихідному стані. Покриття було синтезовано методом прямооточного магнетронного розпилення в інертному газі Ar на монокристалічну поліровану підкладку Al₂O₃ з середньоквадратичною шорсткістю 0,5нм. Відпал покриття проводили в інтервалі температур 400 -700°C в вакуумі при тиску 6·10⁻⁶мм.рт.ст. Для оцінки товщини та густини покриття використовували малокутову рентгенівську дифракцію від покриття на підкладці в Cu-ka1 випромінюванні, для дослідження структурного стану покриття використовували рентгенівську дифракцію на великих кутах (кут нахилу підкладки був фіксований $\theta=1.4^\circ$, а сканування проводилось детектором випромінювання) в Cu-ka випромінюванні. В роботі показано, що після синтезу покриття знаходиться в рентгенаморфному стані, про що свідчить гало на дифрактограммі. При зростанні температури відпалу з 400°C до 650°C відбувається зсув гало в бік менших кутів. Перехід покриття з рентгенаморфного стану у кристалічний відбувається при відпалі за T=700°C. Показано, що при зростанні температури відпалу відбувається поступове збільшення товщини покриття, що при температурі 700°C досягає 1,3 рази. Густина покриття відповідно до оцінок знаходиться приблизно біля величини 5,9±0,4 г/см³ у всьому інтервалі досліджених температур.

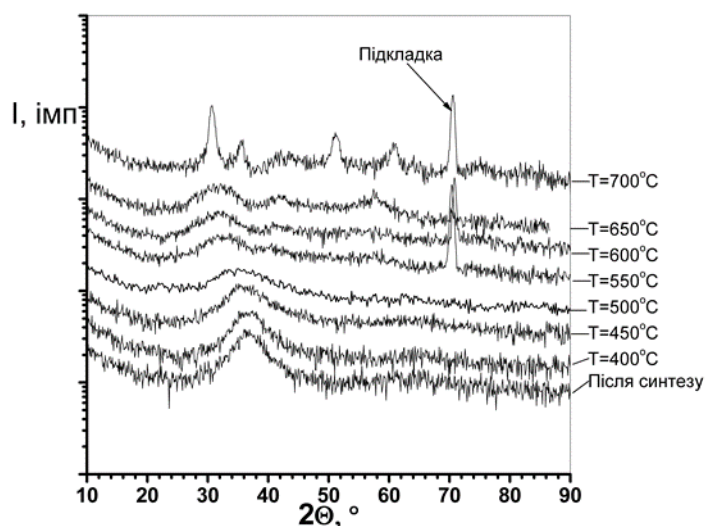


Рисунок 1 - Рентгенівська дифракція покриття Ti41Zr41Ni18 (ат. %) після синтезу та після термічного відпалу

РЕБРЕНДИНГ ФІРМОВОГО СТИЛЮ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «МІСЬКВОДОКАНАЛ» ТОКМАЦЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ

Лісова Д.М., Матюшенко М.В.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

В роботі розглянуто питання осучаснення пакету рекламно – іміджевої продукції для реального підприємства міського значення. Варто зауважити, що зараз є дуже актуальною модернізація зовнішньої символіки подібних установ, адже на пряму впливає на їх статус та сприйняття установи суспільством.

В ході ребрендингу КП «Міськводоканал», було створено новий логотип (рис.1), а також підбрані фірмові кольори, які є фундаментом для подальшої розробки. Зважаючи на специфіку підприємства, стиль було витримано у блакитно-синій кольоровій гамі. Основу логотипу складає капля, яка символізує воду, а також силует будинку. Важливим елементом є текстова частина, для якої був обраний досить лаконічний шрифт.



Рисунок 1 – «Логотип»

Наступним кроком став дизайн сайту, який має бути не лише функціонально цілісним, але й мати високий рівень юзабіліті, зрозумілий для кожного користувача, адже підприємство обслуговує усі вікові групи населення. Варто відмітити також розробку візиток для керівника підприємства, а також інформаційних буклетів та агітаційних афіш, які дають змогу донести населенню важливість осмисленого використання водних ресурсів міста та дають поради щодо більш економічного використання води.

Так як це державна установа, то весь дизайн базується на стриманості та функціональності.

Отже, в ході ребрендингу оновлено пакет іміджевої продукції КП «Міськводоканал».

Для розробки є актуальним етап затвердження керівництвом і тестування абонентами, через декілька місяців планується повний перехід на новий дизайн.

МЕХАНОАКТИВАЦІЯ ПОРОШКОВИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СИНТЕЗУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

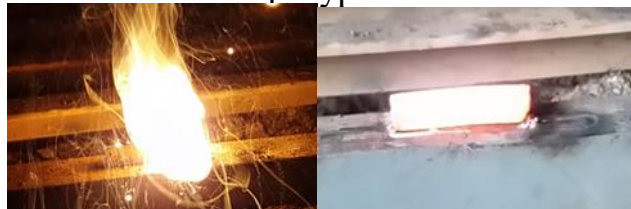
Лузан С.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Одне з принципово нових напрямків в отриманні захисних зносостійких покриттів – використання попередньої механоактивації порошкових компонентів для забезпечення високотемпературного синтезу нових композиційних порошкових матеріалів, а також їх застосування для дугового наплавлення.

Одним з перспективних класів матеріалів є композиційні порошки типу «інтерметалід-оксид» на основі алюмінідів нікелю, заліза і титану, що забезпечують значне зменшення маси за рахунок невисокої щільності алюмінідів в порівнянні з традиційно використовуваними сплавами при збереженні високих механічних та корозійних властивостей композицій. Ці композиції можуть бути отримані двома способами: 1 – синтезом інтерметалевих з'єднань з елементів в присутності дисперсних частинок оксидів і 2 – формуванням необхідних композицій з використанням алюмінотермічних реакцій. Обидва способи мають обмеження, обумовлені невисоким по 1-му способу або навпаки, занадто високим за 2-м способом тепловмістом реакційних систем. Використання попередньої механічної активації дозволяє активувати процес синтезу в низькоекзотермічних системах і формувати однорідну тонкозернисту структуру композицій з рівно-мірним розподілом оксидних частинок в обсязі матеріалу.

Для приготування композиційного матеріалу (КМ) використовували суміш порошків Ti, C, Fe₂O₃, Al, B, ПТ-НА-01. Після механоактивації порошкової суміші формували циліндричну заготовку і ініціювали саморозповсюджувальний високотемпературний синтез композиту (рис. 1).



а

б

а – СВС-процес; б – КМ після СВС-процесу

Рисунок 1 – СВС-процес формування композиційного матеріалу (КМ)
(Ti+C+Fe₂O₃+Al+B+ПТ-НА-01)

Дроблення і механоактивація отриманого композиту, додавання його в кількостях (10-20%) в порошок для наплавлення ПГ-10Н-01 підвищує зносостійкість наплавлених деталей при роботі в абразивному середовищі до 2,3 раз.

Література:

1. Luzan, S.O., Luzan, A.S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni–Cr–B–Si System with Inclusions of Dispersed Phases (2020) Materials Science, 56 (3), pp. 381-388. DOI: 10.1007/s11003-020-00441-x.

ПОДРІБНЕННЯ І МЕХАНОАКТИВАЦІЯ КОМПОНЕНТІ ШИХТИ ДЛЯ СИНТЕЗУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лузан С.О., Ситников П.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Розвиток промисловості вимагає виробництва продуктів тонкого (менше 20 мкм) і надтонкого (менше 7 мкм) подрібнення для композиційних матеріалів, які застосовуються для наплавлення та напилювання газотермічними методами зносостійких покриттів. У зв'язку з цим актуальним стає питання вдосконалення обладнання і технології подрібнення, а також механоактивації компонентів шихти.

Подрібнення ділять на дроблення і помел, а машини, які застосовуються для цих цілей, називаються дробарками і млинами. Залежно від розмірів частинок продукту розрізняють такі види подрібнення: дроблення крупне ($d_k = 100...350\text{мм}$), середнє ($d_k = 40...100\text{мм}$), дрібне ($d_k = 5...40\text{мм}$), помел грубий ($d_k = 0,1...5\text{мм}$), середній ($d_k = 0,05...0,1\text{мм}$), тонкий ($d_k = 0,001...0,05\text{мм}$), надтонкий ($d_k < 0,001\text{мм}$). Основною характеристикою процесу подрібнення є ступінь подрібнення, яка визначається співвідношенням середньозважених розмірів частинок матеріалу до і після подрібнення.

Механоактивація – активування твердих речовин їх механічною обробкою. Подрібнення в ударному, ударноістираючому або істираючому режимах призводить до накопичення структурних дефектів, збільшення кривизни поверхні, фазових перетворень і навіть аморфізації кристалів, що впливає на їх хімічну активність.

Одне з принципово нових напрямків в отриманні захисних зносостійких покриттів – використання попередньої механоактивації порошкових компонентів шихти для забезпечення високотемпературного синтезу нових композиційних матеріалів, а також їх застосування для дугового наплавлення та газотермічного напилення.

Одним з перспективних класів матеріалів є композиційні порошки типу «інтерметалід-оксид» на основі алюмінідів нікелю, заліза і титану, що забезпечують значне зменшення маси за рахунок невисокої щільності алюмінідів в порівнянні з традиційно використовуваними сплавами при збереженні високих механічних та корозійних властивостей композицій. Ці композиції можуть бути отримані двома способами: 1 – синтезом інтерметалевих з'єднань з елементів в присутності дисперсних частинок оксидів і 2 – формуванням необхідних композицій з використанням алюмінотермічних реакцій. Обидва способи мають обмеження, обумовлені невисоким за 1-м способом або навпаки, занадто високим за 2-м способом тепловмістом реакційних систем. Використання попередньої механічної активації дозволяє активувати процес синтезу в низькоекзотермічних системах і формувати однорідну тонкозернисту структуру композицій з рівномірним розподілом оксидних частинок в об'ємі матеріалу. Все це позитивно впливає на підвищення зносостійкості нанесеного покриття.

ВИКОРИСТАННЯ СОЛЯНИХ СТРИЖНІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У ТОНКОСТІННИХ КОРПУСНИХ ВИЛИВКАХ

Мариненко Д.В., Русабров А.Є., Пономаренко О.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Корпусні деталі у машинобудування широко поширені та майже завжди виконують одразу декілька функцій: каркасу, на якому зібрана конструкція або механізм, та захисної оболонки, яка повинна бути герметичною. Через такі вимоги отримання корпусних деталей супроводжується рядом технологічних труднощів.

На рис.1а можна бачити відливку корпусу гідромеханічної трансмісії. На зрізі деталі (рис.1б) можна бачити її тонку стінку, без додаткових ребер, та великі габарити вилівка відносно до товщини стінки. Після заливки форми, на перших етапах кристалізації вилівка виникає великий перепад температур у стінках, який і призводить до появи тріщин та короблення.

Таким чином, створення умов отримання якісних корпусних виливків є актуальною задачею ливарного виробництва.

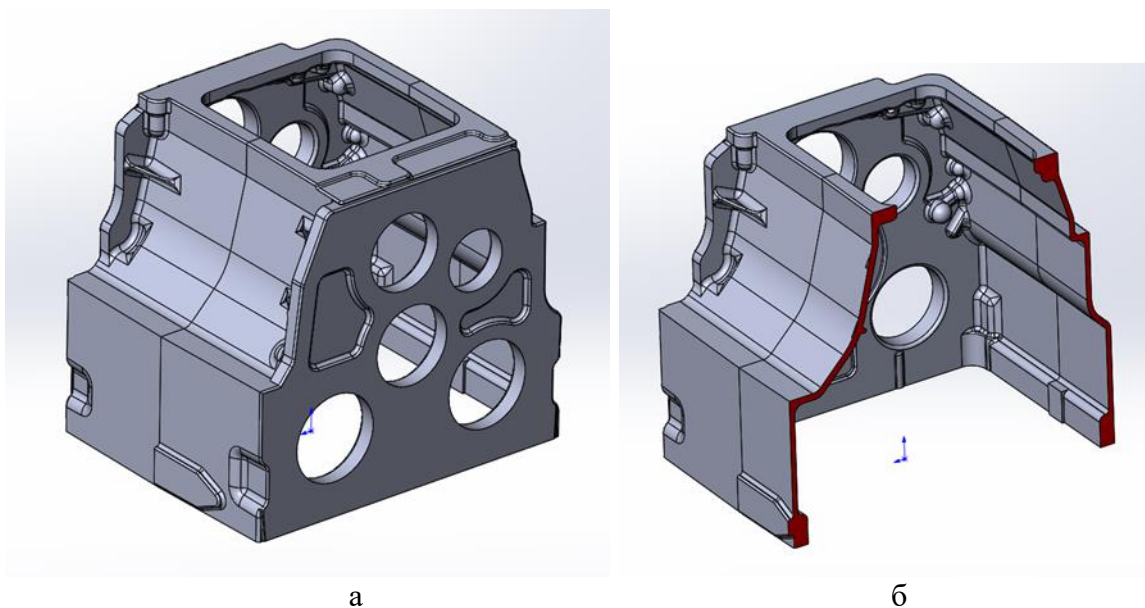


Рисунок 1 - : а – Виливок корпусу гідромеханічної трансмісії; б – поперечний розріз виливка

Використання холоднотвердінучої суміші на основі кам'яно солі та кварцового піску дозволить отримати стрижень, з великою податливістю на перших етапах кристалізації але з достатньою міцністю та низькою осипаемістю, щоб витримати етап заповнення форми рідким металом.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КУВАННЯ НА МОЛОТАХ ПОКОВОК ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ

Окунь А.О., Курилко Є.І., Шапка В.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Проведено дослідження технології кування на молотах поковок прямокутного перерізу експериментальним шляхом та методами математичного моделювання. Проведено порівняння результатів моделювання та експерименту для визначення оптимальної технології кування поковок прямокутного перерізу. Проаналізовано поточний стан виробництва поковок куванням на молотах та виконано аналіз науково-технічної літератури.

У роботі було досліджено технологію кування на молотах поковок прямокутного перерізу. Для чого було визначено напрямки сучасного розвитку кування на молотах; проведені теоретичні дослідження технології кування на молотах. У ході виконання роботи були виконані експериментальні дослідження технології процесів кування за допомогою лабораторного обладнання кафедри КМІТ.

Було проведено моделювання протягування поковок прямокутного перерізу та досліджено формозміну металу. Виконано порівняння результатів комп'ютерного моделювання у QFORM 3D з експериментальними даними, що виявило збіжність отриманих результатів та важливість впровадження комп'ютерних технологій для дослідження процесів обробки металів тиском в цілому.

За результатами моделювання протягування поковок прямокутного перерізу на молотах було встановлено, що показники пластичної деформації та інтенсивності напружень «за довжиною» (рис. 1) на відміну від протягування «за гвинтом» (рис. 2) менші та згідно з методом оцінки об'ємної нерівномірності деформації та інтенсивності напружень менш прийнятні для отримання поковок з необхідними властивостями.

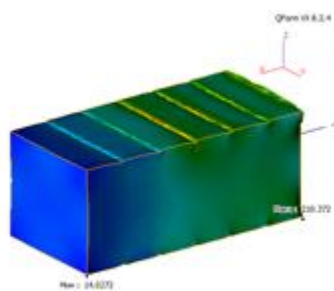


Рисунок 1 – Протягування «за довжиною»

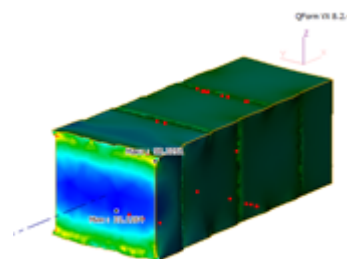


Рисунок 2 – Протягування «за гвинтом»

РОЗРОБКА ПЕРСОНАЖА ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

Петрова Д.М., Федченко Г.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сьогодні комп'ютерні ігри - це величезна індустрія. Попит на відеоігри народжує безліч пропозицій. Розробники створюють великі світи, з прописаними в найдрібніших деталях історією, персонажами. У даній роботі були розглянуті етапи створення тривимірного персонажа на прикладі неігрового персонажа.

Процес створення персонажа починається зі створення концепту. На даному етапі роботи необхідно відповісти на ряд питань. Ким повинен бути персонаж? Якої статі? Які йому притаманні риси?

Концепт-арт - важлива частина будь-якої розробки. Концепт-арт дозволяє художнику створити зовнішній вигляд фільму, гри чи персонажа до того, як перейти до дорогої стадії виробництва.

Моделінг включає себе кілька етапів: моделювання по раніше створеному концепту, ретопологія, створення розгортки, запікання карт, текстурювання, рігтінг і скіннінг. Черговість наведених етапів розробник вибирає для себе сам в залежності від поставленої перед ним завдання.

Високодеталізовані моделі персонажів створюються скульптингом. Результатом виконання цього етапу є high poly модель.

Для подальшої роботи з моделлю необхідно провести ретопологію. Ретопологія - це процес перетворення моделей з високою роздільною здатністю в щось набагато менше, що можна використовувати для анімації. Сітка створюється так, щоб не загубився силует і пропорції моделі. Після створення розгортки, перенесемо деталізацію з high poly моделі на low poly модель, використовуються текстурні карти, такі як Normal Map, Ambient Occlusion. Таким чином, візуально змінюється зовнішній вигляд low-poly, але не змінюється її силует. на представленому нижче малюнку відображені етапи концепту, скульптінга, ретопології.



Рисунок 1 - Етапи створення моделі

ВПЛИВ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ АБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІДРІЗНИХ КРУГІВ НА ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ

**Погрібний М.А., Реброва О.М., Гололобова О.М., Погребна Е.К., Реброва
А.О., Башмаков Г.С.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Процеси швидкісного різання заготовок та виробів із різних матеріалів, в першу чергу, сталевих і чавунних, з використанням відрізних кругів широко поширені в заготівельному виробництві, в будівництві, при виготовленні деталей машин і механізмів. При оброблянні легованих, жаростійких і жароміцних сплавів відрізні круги на бакелітовій в'язці є найбільш прийнятним інструментом в різних технологічних процесах. При цьому висока ефективність процесу різання може бути забезпечена тільки в разі оптимізації фізико-механічних параметрів та структури складових матеріалу відрізного круга. Тому дослідження, присвячені визначенню впливу структури та властивостей абразивної складової відрізних кругів на їх експлуатаційну стійкість є актуальними.

Для дослідження використовувались сертифіковані абразивні матеріали на основі Al_2O_3 (корунду) трьох різних типів: електрокорунд нормальний, електрокорунд білий та корунд, виготовлений золь-гель методом. Досліджувались також зразки, вирізані безпосередньо з кругів на основі бакелітового в'язучого і різними абразивними наповнювачами. Проводилися металографічний та дюрOMETричний аналізи, а також випробування на визначеність коефіцієнту різання кругів у відповідності до вимог ДСТУ 21963-2003.

В результаті проведених досліджень встановлено, що зносостійкість відрізних кругів значною мірою залежить від розміру абразивних зерен, їх форми, твердості, а також характеру розподілу зерен в бакелітовій зв'язці. Більший коефіцієнт різання спостерігається для кругів з більшою дисперсністю корундових зерен багатогранної форми з меншою твердістю та з більш рівномірним розподілом зерен по об'єму бакелітової матриці.

Отримані результати можна пояснити наступним чином. Розмір зерна абразиву впливає не тільки на ріжучу здатність круга, а й визначає величину зусиль, які діють на зерно в процесі експлуатації: чим більше зерно, тим більше навантаження на нього і тим більша вірогідність викришування абразивної складової, а, відповідно, більше зношування круга, і навпаки. Форма зерна абразивного матеріалу також впливає на ріжучу здатність круга і, крім того, визначає площу контакту поверхні зерна з бакелітовою зв'язкою і, таким чином, впливає на утримання зерна в матриці: чим площа контакту більша, тим утримання зерна краще і, відповідно, більша зносостійкість круга, і навпаки. Тенденцію до збільшення стійкості відрізних кругів, по мірі зниження твердості абразивної складової, можна пояснити зменшенням при цьому крихкості матеріалу зерна, і, як наслідок, зниженням його здатності до викришування.

БАГАТОШАРОВІ PVD-ПОКРИТТЯ З НАНОМЕТРОВОЮ ТОВЩИНОЮ НА ОСНОВІ НІТРИДІВ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ

Постельник Г.О., Краєвська Ж.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Сьогодні найбільш дослідженими є PVD-покриття на основі нітридів перехідних металів, для яких характерним є ефект стабілізації стану на основі ГЦК решітки (структурний тип B1 – NaCl). Завдяки багатошаровій композиції PVD-покриттів з нанометровими шарами на основі нітридів перехідних металів (ZrN, MoN, CrN, TiN, (TiSi)N) та їх мононітридів є можливість створення унікальних структурних станів з високими функціональними властивостями за рахунок невідповідності решіток, шарів що сполучаються.

Покриття осаджували на установці «Булат-6» в азотній атмосфері ($P_{N_2} = 0,53$ Па) з двох катодів з використанням в якості матеріалів катодів: титан BT1-0, хром BX1-17, цирконій чистотою (99,95%) та високочистий молібден. Багатоелементні катоди отримані методом вакуумно-дугового переплаву. Підкладкою виступала аустенітна сталь – SUS 321. Величина постійного потенціалу зміщення змінювалась від -40 до -200 В. Рентгеноструктурний аналіз проводився методом рентгенівської дифрактометрії на установці «ДРОН-4» в мідному випромінюванні в інтервалі кутів 25...90°.

Для всіх досліджених багатошарових покриттів встановлено формування нітридів з ГЦК кристалічною решіткою. В залежності від величини невідповідності періодів решіток шарів, що сполучаються, встановлені умови формування границь розділу шарів різних типів. Некогерентна границя в основному утворюється при великому $\delta = (7,8...9,8)\%$. Напівкогерентне сполучення виникає при величині δ від 5% (для WN/(TiZrNb)N) до $\delta = 2,7\%$ для багатошарових покриттів на основі (TiSi)N. Умовою когерентного сполучення кристалічних решіток в шарах, що сполучаються в основному є мале δ (менше 1,6%). В області значень $\delta = (1,5...1,6)\%$ виявлена можливість формування частково когерентних шарів розділу. В цьому випадку в області сполучення кристалітів з нормаллю [111] утворюється некогерентна границя, а при сполученні кристалітів з нормаллю [100] границя когерентна. На підставі отриманих результатів зроблено висновок, що особливістю вакуумно-дугових багатошарових конденсатів з нанорозмірною товщиною шарів є можливість формування когерентної границі при квазіепітаксiальному зростанні шарів. Виявлено закономірність формування в таких шарах переважної орієнтації кристалітів. Утворення переважної орієнтації з нормаллю [111] в основному відбувається в шарах на основі ZrN, TiN і (TiSi)N для яких характерна велика величина ентальпії утворення нітриду. Кристаліти з нормаллю [100] формуються в основному в шарах з невисокою ентальпією утворення нітридів, таких як MoN і CrN. Отримані результати свідчать про великі можливості вакуумно-дугових багатошарових покриттів з нанотовщинними шарами і високу ефективність застосування для дослідження таких структур рентгенодифрактометричного методу.

ВИБИРАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СТАЛІ 9ХС

Протасенко Т.О., Федоренко Г.А.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Останнім часом спостерігається суттєва зміна у розвитку та застосуванні інструментальної сталі не тільки для інструментів, але і в багатьох інших областях техніки. Застосування інструментальних сталей в якості конструкційних і для інших умов експлуатації вимагає знання таких властивостей сталей, які раніше мало вивчали, в першу чергу в'язкість, опір знакозмінним навантаженням і контактна витривалість у різних структурних станах. В даний час для підвищення механічних властивостей інструментальних сталей починають використовувати деякі нові способи оброблення. У сучасному машинобудуванні для підвищення довговічності відповідальних деталей широко використовують процеси термічного оброблення, з яких найбільше поширення отримали гартування і відпускання. В результаті застосування цих методів термічного оброблення підвищується зносостійкість деталі, зростає втомна міцність та ін.

Так як в машинобудуванні для підвищення довговічності відповідальних деталей широко використовують процеси зміцнюючого термічного оброблення, в цій роботі за основу були взяті саме гартування і відпускання.

Задача даного дослідження – вибір оптимального режиму термічного оброблення деталей зі сталі 9ХС.

Для виконання поставленої мети був проведений комплекс металографічних, механічних та аналітичних досліджень зразків в вихідному стані, після гартування та низькотемпературного відпускання. Варіювались температури гартування від 850°C до 1000°C, а також тривалість низького відпускання при температурі 200°C від 1 до 3-х годин.

В результаті проведення роботи можна зробити такі висновки:

1. Сталь 9ХС у вихідному стані має структуру та твердість, які відповідають у стані після відпалювання.
2. Оптимальною температурою гартування для сталі 9ХС є 900°C. Пере-грів призводить до знижування твердості та формування небажаної структури.
3. Низьке відпускання з часом витримування 1 год дозволяє отримати необхідні властивості без значного знижування твердості.

СТРУКТУРА ВАКУУМНИХ ПСЕВДОСПЛАВІВ Cu З НИЗЬКИМ ВМІСТОМ Ta

Рябоштан В.А., Жадько М.О., Кашуба І.В., Губанова А.В.,
Зубков А.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Основною проблемою наноструктурних металів з низьким розміром зерна є низька термічна стабільність. У попередніх роботах по вивченню системи Cu-Ta було встановлено, що при деякій концентрації легуючого елементу Ta температура початку рекристалізації підвищується до 900°C. [1] Це може бути зумовлено впливом різноманітних структурних факторів. Наприклад, формуванням зерно границьних сегрегацій.

У зв'язку з цим, наступна робота присвячена подальшому вивченню структури вакуумних конденсатів Cu-Ta в похідному стані. Для досліджень обрали плівки, що були отримані методами вакуумної конденсації з парової фази, з низьким вмістом Ta (0,3 ат.%).

Структура зразку має високу дисперсність. (рис. 1) Середній розмір зерен матричного металу дорівнює 60 нм, що говорить про наноструктурний стан даного псевдосплаву. (рис.1а) Через високий рівень дисперсності частки другої фази неможливо ідентифікувати на знімках, знятих в режимі світлого поля, на відміну від знімків, знятих в режимі загальної дифракції. (рис.1б) На електроннограммі зразку Cu-Ta були виявлені рефлекси Ta, що мають незвичайну для його ГЦК модифікацію. Тобто при малих концентраціях тантал має схильність переймати кристалічну решітку зерен матриці та утворювати з ними когерентний зв'язок, що в свою чергу може підвищувати загальні фізичні характеристики зразку, зокрема термічну стабільність. Мікротвердість отриманих зразків становила 140 кг/мм², що в рази перевищує звичайні показники для однофазної міді.

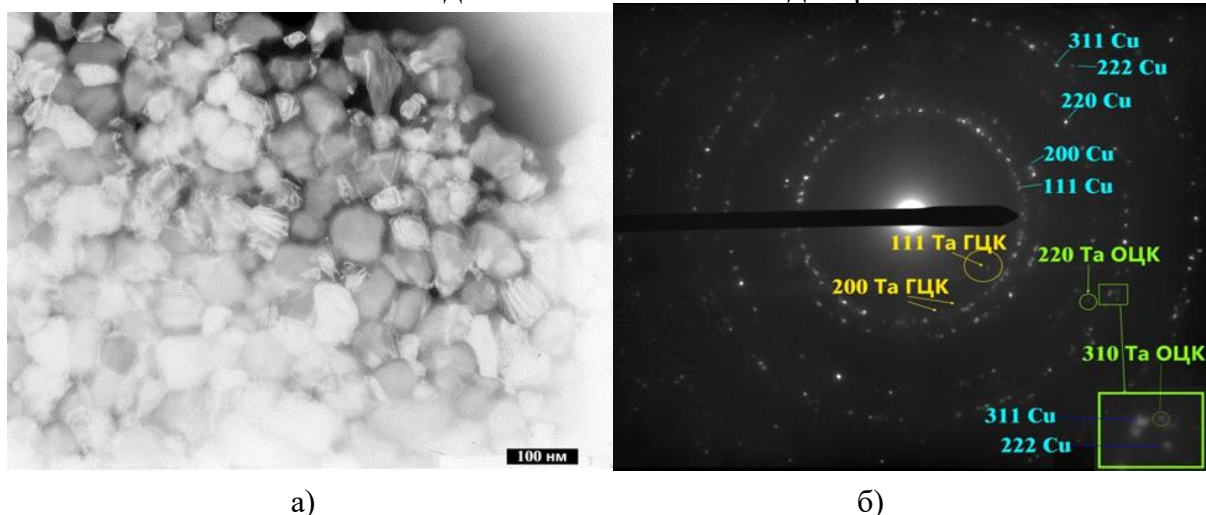


Рисунок 1 – Знімки, зняті в електронному мікроскопі в режимі світлого поля (а) та загальної дифракції (б)

Література:

1. AI Zubkov, EN Zubarev, MA Hlushchenko, EV Lutsenko - Physics of Metals and Metallography, 2017

СТРУКТУРА ВАКУУМНИХ ПСЕВДОСПЛАВІВ Cu-Ta, ОТРИМАНИХ ЗА ВИСОКОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКЛАТКИ

Рябоштан В.А., Жадько М.О., Зозуля Е.В., Горова О.П. Зубков А.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У попередніх роботах по вивченню цієї системи було встановлено, що за низької концентрації Та може підвищуватись термічна стабільність псевдосплаву Cu.[1] Такі результати показали зразки, що були отримані на неорієнтованій підкладці, температура котрої становила 100°C. Структура зразків, отриманих за вищої температури буде відрізнятися, а отже процеси, що впливають на термічну стабільність будуть різними. Разом з тим вплив температури підкладки на ці процеси вивчено недостатньо.

У зв'язку з цим, наступна робота присвячена вивченню структури вакуумних конденсатів міді та Cu-Ta, що були отримані методами вакуумної конденсації з парової фази, з низьким вмістом Та (0,3 ат.%) при температурі 4500C.

На знімках, знятих в електронному мікроскопі (ТЕМ) в режимі світлого поля, видно, що тантал має схильність до взаємодії з границями зерен. (рис.1а). Розмір цих часток не перевищує 80 нм. Менші частки знаходяться у об'ємі зерна, які своїм положенням описують деякі області. Розмір описуваних областей не більше 100нм.

На знімку, знятому в режимі загальної дифракції, було зафіксовано рефлекси, що належать до Та ГЦК фази та лежать на одному дифракційному векторі з рефлексом матричного металу. (рис.1б) Це означає, що Та сформував когерентний зв'язок з матричним металом та перейняв його кристалічну решітку, що також підтверджується знітком при великому збільшенні. (рис.1в) На ньому видно у правому нижньому куті, що кристалічні площини зберігають свою орієнтацію без змін при переході через границю розділу між двома зернами, а сорбційний контраст вказує на присутність на цій границі Та.

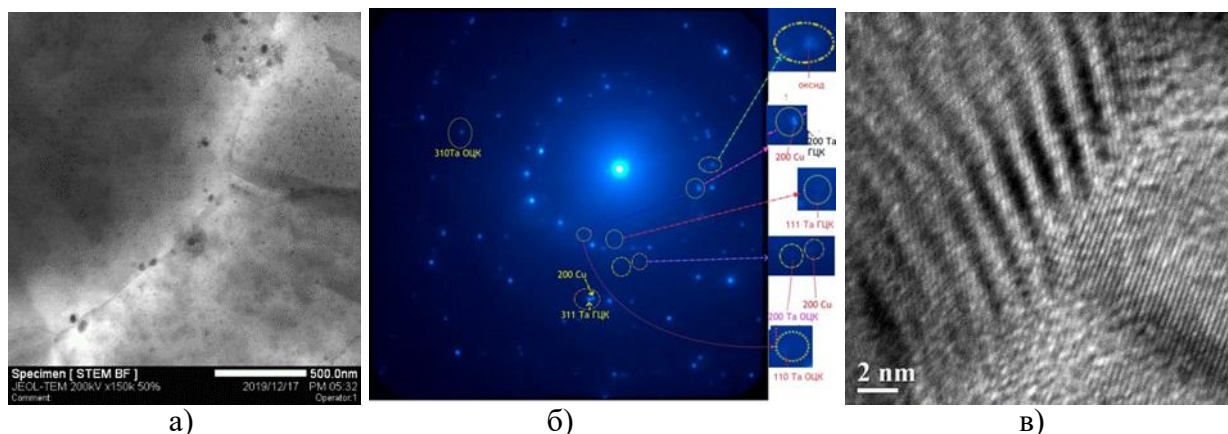


Рисунок 1 – Знімки, зняті в електронному мікроскопі, у різних режимах: а) світлого поля; б) загальної дифракції; в) світлого поля за збільшенням у 200тис. разів

Література:

1. AI Zubkov, EN Zubarev, MA Hlushchenko, EV Lutsenko - Physics of Metals and Metallography, 2017

ВИСОКОЕФЕКТИВНА ОБРОБКА ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ПНЕВМО- ГІДРОЦИЛІНДРІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПОВСТЯНИХ (ФЕТРОВИХ) КРУГІВ ІЗ НАКЛЕСНИМ АБРАЗИВНИМ ПОРОШКОМ

Сергєєв О.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі запропоновано попередню і остаточну обробку внутрішніх поверхонь циліндрів, здійснювану на токарному верстаті без переустановлення деталі, тобто без зміни баз, спочатку за схемою розточування, а потім за схемою внутрішнього шліфування. При цьому ефективно вісь обертання шліфувального круга із індивідуальним приводом встановлювати перпендикулярно осі обертання оброблюваного отвору циліндра, а обробку здійснювати м'яким повстяним (фетровим) кругом з наклеєним шаром абразивного порошку 63С20П. Це дозволяє зменшити параметр шорсткості обробленої поверхні R_a до значення 0,04 мкм без збільшення трудомісткості та зменшення продуктивності обробки. Ефект обробки досягається за рахунок збільшення кількості одночасно працюючих зерен круга. Домогтися такого значного результату при звичайному внутрішньому шліфуванні абразивними і алмазними кругами неможливо. При цьому сліди, які утворюються від пропрацьованих зерен круга, розташовуються уздовж твірної оброблюваного отвору, що знижує знос ущільнень поршнів (штоків) в процесі їх роботи в пневмо- гідроциліндрах, двигунах внутрішнього згоряння та ін. Для подальшого підвищення ефективності внутрішнього шліфування запропоновано використовувати конструкцію шліфувальної головки з двома абразивними кругами (рис. 1). Це дозволяє ще значніше збільшити кількість одночасно працюючих зерен круга і зменшити параметр шорсткості обробленої поверхні R_a нижче значення 0,04 мкм при суттєвому збільшенні продуктивності обробки. Для розрахунку оптимальних умов обробки при шліфуванні розроблено математичну модель визначення параметрів шорсткості обробленої поверхні на основі теорії імовірності.

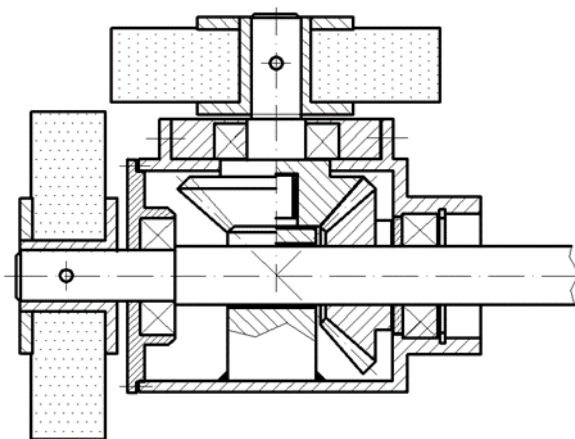


Рисунок 1 - Конструкція шліфувальної головки з двома абразивними кругами

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Сівак Є.М.

*Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”, м. Харків*

Однією з основних задач інженерної геометрії є конструювання поверхонь. Традиційно використовується досить обмежене коло поверхонь: сферичні, циліндричні, конічні, пологі оболонки перенесення і деякі поверхні обертання.

Сучасна архітектура тяжіє до незвичайних, оригінальних форм, відбувається ускладнення використовуваних геометричних форм, з'являється необхідність у нових методах моделювання поверхонь, які можуть бути використані в якості основи в архітектурно-будівельних завданнях при проектуванні просторових конструкцій. З ускладненням застосовуваних геометричних форм виникають нетривіальні завдання стикування елементів конструкції з іншими конструкціями, прив'язки цієї конструкції до основи, розкрою елементів конструкцій.

Існуючі програмні комплекси дозволяють створювати моделі і виконувати розрахунки конструкцій практично будь-якої форми, при цьому вбудовані функції комплексів орієнтовані, в основному, на використання найпростіших геометричних форм, що ускладнює рішення завдань геометричного моделювання при проектуванні просторових конструкцій.

В силу сформованої практики використання різних програмних комплексів на різних стадіях спостерігається розрив між методами і моделями, використовуваними в архітектурному моделюванні, при проектуванні і при виготовленні просторових конструкцій, через що геометрична форма підсумкової конструкції може істотно відрізнятись від спочатку задуманої.

Актуальними є своєчасні розробки моделей поверхонь, алгоритмів, розгортки поверхонь для рішення практичних задач конструювання, проектування та виготовлення просторових конструкцій із застосуванням комп'ютерної геометрії, а також розв'язки завдань геометричного моделювання поверхонь в загальній тривимірній постановці, яка дозволяє дослідити особливості застосування поверхонь з конструктивною параметризацією для моделювання конструкцій у будівельній і машинобудівельній практиці і більш щільно використовувати сучасні технології.

РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРІЗАННЯ ФАСОННОГО ГНУТОГО ПРОФІЛЯ «ТОРЦЕВА ПЛАНКА»

Смілянський О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання збереження якості форми профіля складної форми при його розрізанні. Складністю при проектуванні матриці та ножа стала орієнтація профіля «торцева планка» при виході з останньої кліти (рис. 1)

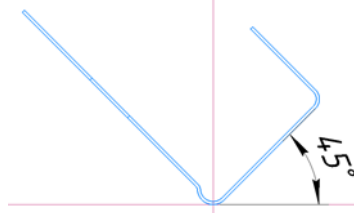


Рисунок 1 - Розташування профіля «торцева планка» в останній кліті

З огляду на таку конфігурацію довелося при мінімальних зазорах $1,5 \div 0,5$ мм і точності по сьомому квалітету повторювати форму профілю і в матриці і в ножі, з коригуванням для отримання кута зустрічі ножа з профілем в $1 \div 2^\circ$ для зменшення необхідної сили різання

Зважаючи на велику вартість матеріалів ножа та матриці, яка ще збільшується з підвищенням вимог до точності, була використана програма QForm 3D для перевірки, наскільки передбачуваний результат буде відповідати вимогам до якості місця відрізу і відсутності значного зминання металу.

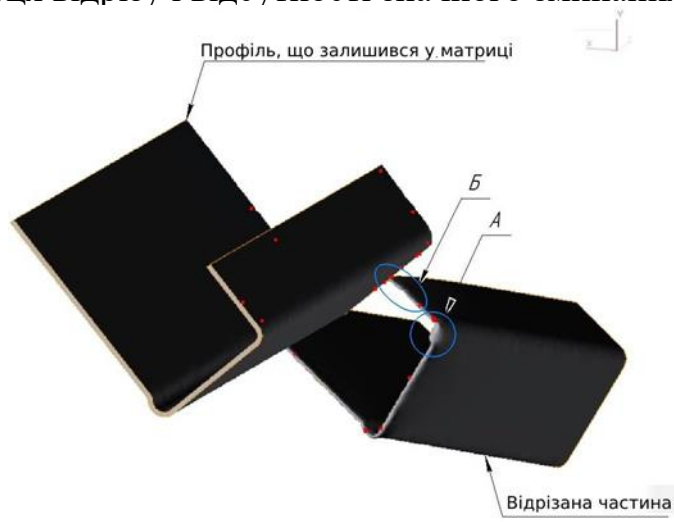


Рисунок 2 – результат розрахунку у QForm 3D

Аналізуючи результати розрахунків (рис. 2) бачимо, що у виділених областях присутнє незначне зминання, яке призводить до втрати прямолінійності стінки (Б) і утворення задирки (А).

Оскільки у затвердженому з замовником ТЗ було прописано наявність незначного зминання металу в місці відрізу, отриманий результат не впливає на загальну якість профілю, подібний дефект є допустимим.

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ МЕТАЛУ В ЗОНІ ШВА ПРИ АРГОНОДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ АЛЮМІНІЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ

Станкевич Д.В., Маршуба В.П.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Елементи процесу зварювання досліджували і продовжують вивчати велика кількість вітчизняних і зарубіжних вчених. Розглянемо лише деякі сторони даного питання, що безпосередньо стосуються проблеми утворення гарячих тріщин з урахуванням вимог, щодо зварювання алюмінію та його сплавів. З цієї точки зору велике значення має динаміка тимчасових напруг і деформацій у зварному шві.

Розглядаючи температурне поле на поверхні металу навколо джерела тепла, що переміщається, автор роботи [1] приходить до висновку про те, що в результаті підвищення температури смуги металу близько осі шва збільшуються по довжині більше, ніж паралельні смуги, що розташовані на крайках далі від осі. Внаслідок цього пластини, що зварюються, прагнуть зігнутися з утворенням зазору попереду і ззаду джерела теплоти, а безпосередньо попереду ванни завжди створюється область високих напруг та стиснення.

Наявність області напруг, що стискають або деформацій попереду зварювальної ванни, що рухається, природно, та не є небезпечною, так як тут метал плавиться, а не твердне. Картина напруг і деформацій при зварюванні в хвостовій частині шва, залежить від режиму зварювання, особливо від швидкості процесу, наявності зазору або оброблення, властивостей металу, товщини і ширини пластин, жорсткості кріплення тощо. У нормальних умовах хвостову частину ванни охоплюють зварювальні напруги, що стискають. Тут їм протистоять усадочні напруги перехідної зони, що розтягують. З точки зору запобігання гарячих тріщин поява зварювальних напружень, що стискають, корисна.

При зварюванні стикових швів пластин або полотнищ автори роботи [2] спостерігали наступну картину. Якщо шов варити з неповним (на глибину менше ніж $2/3$ товщини листа) проплавленням листа (товщиною більше 3...5 мм) схильного до утворення тріщин сплаву, поздовжні тріщини не виявляються. Зазвичай при цьому можливо утворення поперечних тріщин. При однопрохідному зварюванні стикових швів з повним проваром форма шва менш сприятлива і зростає небезпека утворення поздовжніх тріщин. У разі зварювання без попереднього і супутнього підігріву з відносно великою швидкістю в основному відбувається зближення крайок шву. Якщо зварювати пластини з малою швидкістю, то в процесі зварювання метал встигає охолонути настільки, що останні ділянки шва відчувають напруги розтягнення.

Література:

1. Рабкин Д. М. Металлургия сварки плавлением алюминия и его сплавов / Д.М. Раб-кин – Киев : Наук. Думка, 1986. – 256 с.
2. Borland I.C. Fundamentals of solidification cracking in welds. Part 1. / I.C. Borland // Weld. and Metal Fabr – 1979. – N 1. – P. 19-29.

РИНКОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОГО ЛИТТЯ

Терентьєв Д.П., Костик К.О.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Ливарне виробництво перспективне і високоліквідне за потенційними можливостями бізнесу. Відносний показник чистого доходу у виробництві фасонних виливків з чавуну і сталі в найбільш розвинених країнах становить, в середньому, 57,9 і 60,5 % відповідно. Це значно вище, ніж у чорній (41,6 %) і кольоровій (31,2 %) металургії, виробництві комп'ютерної техніки (39,1 %), авіа- (45,6 %) і автотракторобудуванні (36,6 %).

Переходячи до більш детальної характеристики вітчизняної ливарної галузі, слід зазначити, що тут, за оцінками експертів, теж відзначено зростання поставок ливарної продукції, що пов'язано з прискореним розвитком машинобудування в останнє п'ятиріччя. Сьогодні в Україні йде посилене впровадження комерційно перспективних технологічних процесів (переважно спеціальних способів лиття), що представляють інтерес для підприємств малого та середнього бізнесу, що розвиваються і здатних видати ливарну продукцію досить високої якості при помірній вартості.

На стабільно функціонуючих українських ливарних підприємствах формуються нові прийоми випуску ливарної продукції, а також її просування і позиціонування на внутрішньому і зовнішньому ринках. Слід також зазначити, що збереження високої частки чавунних виливків в загальному обсязі випуску лиття в Україні пов'язано зі збільшенням виробництва виливків з високоміцних чавунів і чавунів зі спеціальними властивостями.

В цілому в Україні сформувалися головні напрямки розвитку ливарного виробництва. Одним з них, наприклад, стала поставка на внутрішні і зовнішні ринки продукції тільки високої якості з постійним розширенням її номенклатури і сфери застосування. Це дає можливість ливарникам отримувати прибуток і реалізовувати її для оновлення основних фондів, прискореної модернізації виробництва і створення нових робочих місць.

Іншим напрямком розвитку ливарного виробництва в Україні можна вважати підвищення інвестиційної привабливості вітчизняних ливарних підприємств. Заводи, які прагнуть до довгострокового розвитку, розробляють комерційно перспективні інноваційні бізнес-проекти, залучають стратегічних інвесторів і спонсорів для їх реалізації. У перспективі це може сприяти реорганізації української ливарної галузі на базі сучасних технологій та обладнання.

Таким чином, при оцінці сучасного стану ливарної галузі слід зазначити, що в останні роки ситуація помітно змінилася на краще. Наукові організації та промислові підприємства отримали самостійність. Тепер важливо знайти своє місце в міжнародному поділі праці на ринках ливарної продукції.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ ПОКРИТТІВ TiN ПІД ВПЛИВОМ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ІМПУЛЬСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Терлецький О.С., Пінчук Н.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для вирішення сучасних матеріалознавчих завдань необхідні матеріали з високими характеристиками міцності. Одним з напрямків цієї роботи є «структурна інженерія». Вивчення параметрів структури і розуміння механізмів її формування сприяє моделюванню і створенню нових матеріалів із заданими характеристиками. Тому актуальним є дослідження особливостей і закономірностей формування вакуумно-дугових нітридних покриттів.

Покриття TiN отримані вакуумно-дуговим методом при використанні модернізованої установки «Булат-6», яка додатково забезпечена генератором високовольтних імпульсів. Тиск азотної атмосфери (p_N) в камері при осадженні був 0,26 і 0,66 Па. При осадженні TiN покриттів на підкладку подавався «плаваючий» негативний потенціал зміщення величиною $U_c = (-5...-8)$ В та -200 В, а також імпульсний високовольтний потенціал $U_i = -(850, 1200 \text{ і } 2000)$ В з частотою 7 кГц і тривалістю впливу 4, 10 і 16 мкс.

Встановлено, що при дії лише постійного потенціалу зміщення відбувається формування покриттів з текстурою [111], яка в цих умовах є термодинамічно вигідною і має мінімум вільної енергії. При зростанні тиску азотної атмосфери спостерігається збільшення інтенсивності цієї текстури.

Характерною відмінністю покриттів, осаджених при додатковому імпульсному впливі, є формування бітекстурного стану з осями [110] та [100]. Слід зазначити, що кожна з цих текстур має свій рівень макро- та мікронапружень. Термопружні деформації, що складали 0,2...0,3 %, було враховано. Як відомо, під час осадження відбувається імплантація іонів в кристалічну решітку TiN. Запропоновано модель, згідно з якою в приповерхній зоні, по мірі накопичення дефектів (вакансій, впроваджених атомів), під час дії імпульсного потенціалу відбувається локальна перебудова кристалічної решітки з формуванням текстури [100], що призводить до релаксації макронапружень у площині. Як наслідок, текстура [100] формується в своєму підшарі поряд з текстурою [110] зі значними макронапруженнями. Така модель пояснює зазначену різницю, бо в одній площині для зерен даної кубічної фази з фактором анізотропії 1,3 це неможливо. Відзначимо, що релаксація внутрішніх напружень відбувається в приповерхневому шарі за товщиною, яка порівняна з глибиною проникнення іону, що імплантується, на момент накопичення напружень в процесі росту покриття.

Твердість при $p_N = 0,26$ Па досягає максимального значення 40 ГПа з тривалістю впливу 4 мкс і $U_i = -850$ В. Це можна пов'язати з формуванням бітекстурного стану з осями [100] і [110]. Зниження твердості до 30-32 ГПа при великих U_i можна пояснити релаксаційними процесами: зменшенням мікрODEформації і одночасним зростанням розміру кристалітів.

ЕТАПИ РОЗРОБКИ ДИЗАЙНУ ВЕБ-САЙТУ ІНТЕРНЕТ МАГАЗИНУ

Томків В.П., Явдошенко В.С., Федченко Г.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасні тенденції розвитку веб-сторінок змушують впроваджувати нові тренди в дизайн сайтів, щоб не втрачати клієнтів та привертати увагу все більшої аудиторії користувачів мережі Інтернет.

Кожного року впроваджуються нові кольорові рішення та тенденції при створенні сторінок для компаній та відбувається редизайн. Нові тренди вагомо впливають на естетику бренду. Для мінімалізації затрат на розробку дизайну сайту компанії, його необхідно починати з виготовлення макету з розміткою основних інформаційних блоків. Дешевше і швидше за все змінювати порядок блоків саме на етапі створення прототипу. На живому проекті це буде вже складніше. Прототипи в градаціях сірого зі стандартними шрифтами більш продуктивні та наочні.

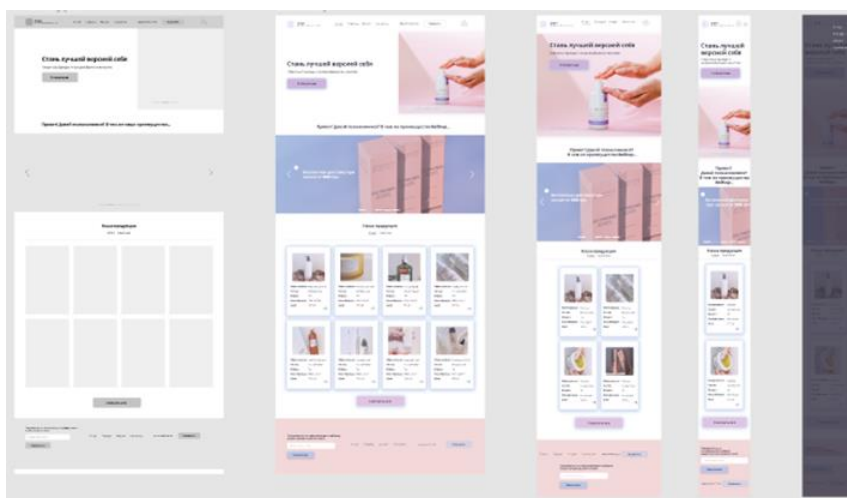


Рисунок 1 - Створення макету сторінок

Етап підбору кольорів є одним із найважливіших. Адже забезпечує подальший розвиток та сприйняття сайту. Зараз перевага надається приглушеним кольорам. Вони є більш природними і заспокійливими, а це саме те, чого хочуть бачити клієнти на сторінках веб-сайтів. Головними кольорами даного сайту інтернет магазину є поєднання голубого, рожевого та пурпурового. Класичні шрифти із зарубками повертаються і стануть одним із трендів в дизайні. Ці шрифти викликають ностальгію, а також є елегантними, надійними. Також необхідно забезпечити можливість користуватися сайтом на різних пристроях, щоб сайт був адаптивний, а розміщення та розмір блоків відповідали розмірам пристрою на якому користувач відкриває сайт, адже зараз саме мобільні версії сайту користуються найбільшою популярністю та відвідуваністю та не потребують додаткової техніки.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ МОДИФІКУВАННЯ ТА ЛЕГУВАННЯ ЧАВУНУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Фролова Л.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У роботі розглянуто питання визначення оптимальної комбінації Al-Si в чавуні для деталей двигунів внутрішнього згоряння з метою подальшого вибору раціональних режимів модифікування та легування.

В ході дослідження дані серійних промислових плавок [1] оброблялися методами математичної статистики для визначення вибірових функцій розподілу (математичного очікування та дисперсії) змісту Al і Si в сплаві, а також величини σ_b [2]. На підставі цих даних побудований графік на рис. 1.

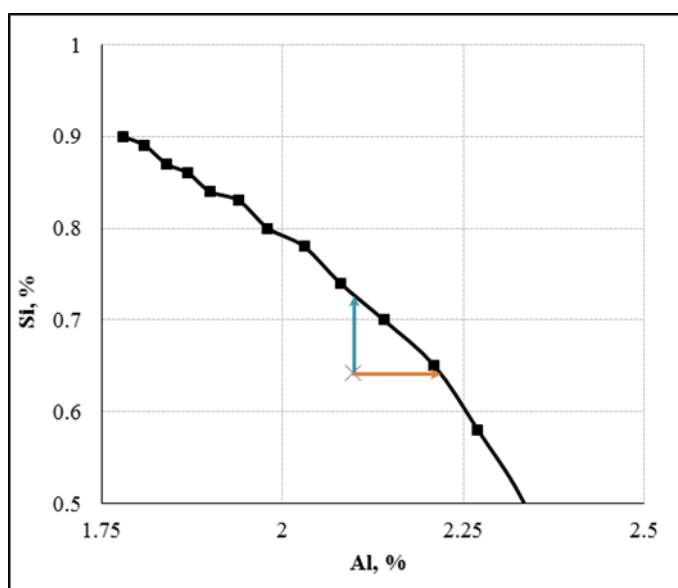


Рисунок 1 - Лінія оптимальних комбінацій вхідних змінних, представлена у вигляді $Si=f(Al)$

Завдяки результатам проведених досліджень стає можливим вибирати такі комбінації Al-Si, в залежності від фактичних показників плавки, які забезпечують максимум межі міцності. При цьому наявність безлічі альтернатив, які забезпечують однаково оптимальні за цим критерієм результати, дозволяє здійснювати вибір комбінації феросплавів з міркувань мінімальних витрат.

Література:

1. Затолокин, Е. А. Исследование свойств и разработка технологии производства отливок из высококачественного алюминиевого чугуна: Отчет о НИР, тема №19142 / Е. А. Затолокин, В. П. Скиба, В. И. Миськевич, И. А. Салтыкова, Л. Я. Митягин. – 1976. – 104 с.
2. Frolova, L. Selection of optimal Al-Si combinations in cast iron for castings for engineering purposes / L. Frolova, R. Shevchenko, A. Shpyh, V. Khoroshailo, Y. Antonenko // EUREKA: Physics and Engineering. – 2021. – № 2. doi:10.21303/2461-4262.2021.001694

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОДАЖУ ТОВАРІВ ДЛЯ ТЕНІСУ

Хорошайло А. В., Сімонова О. Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний університет», м. Харків*

Мобільні пристрої вже давно стали невід'ємною частиною нашого життя в усіх сферах. За допомогою смартфонів можна здійснити купівлю будь-якого товару. А завдяки мобільним додаткам ми маємо можливість робити це ще легше та швидше. Тому після розробки сайту, який реалізує продаж товарів для тенісу, для більш успішного ведення бізнесу було прийняте рішення про необхідність створення мобільного додатку магазину.

Мобільні додатки – це той інструмент для інтернет-магазинів, який дозволяє забезпечити потенційним покупцям максимально спростити взаємодію із сайтом і здійснення покупки.

Для обирання той чи іншої технології був проведений аналіз відомих мобільних програм до магазинів. Після огляду методів створення такого типу додатків було виявлено, що на сьогоднішній день найбільш популярним кросплатформеним фреймворком для розробки, у тому числі і для створення магазинів, є React Native.

На рисунку 1 наведений додаток до одної з найпопулярніших мереж магазинів в світі Walmart. За допомогою React Native Walmart написали iOS і Android-версії програми, залучаючи не дві, а одну команду розробників і, відповідно, вдвічі скоротили трудовитрати. Завдяки швидкому циклу розробки команда змогла обійти головних конкурентів і задовольнити потреби покупців.

Також для розробки мобільної програми для реалізації продажу за допомогою цієї технології можна використати шаблон Shopertino (рис.2). Використання даного шаблону є найбільш ефективним способом запуску повноцінного мобільного додатку для інтернет-магазину.

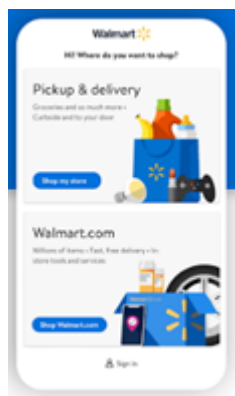


Рисунок 1 - Додаток магазину «Walmart»



Рисунок 2 - Шаблон «Shopertino»

В результаті роботи було проведено аналіз технологій розробки мобільних додатків до інтернет-магазину та обрано фреймворк React Native. Використання цього підходу до розробки дозволить створити кросплатформений додаток за короткий строк.

ONE-DIMENSIONAL SCALING WITH A MULTILAYER REFLECTING MASK

Chumak V.S., Pershin Yu.P.

National technical university

«Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

The paper considers multilayer X-ray mirrors (MXM) application as multilayer reflective masks (MRM) for one-dimensional compression of a pattern applied to a mask.

The principle of operation is based on the fact that the visible dimension of a flat object depends on the angle of inclination (θ) of the object to the observer. Then the ratio of the visible dimension (t_b) of the object to the real size (t_m) can be written as $t_b/t_m = \sin\theta$. Therefore, if we direct X-rays to a MRM at an grazing angle, we will get an image of this plane shrunk in one dimension at a plane perpendicular to the reflected beam.

The reflective mask is a W/Si MXM (with a period $d \sim 2.5$ nm) on a glass substrate with a pattern of absorbing material deposited on top of the MXM. The pattern was formed by depositing a relatively thick coating of W through a flat grid with rectangular holes ~ 50 μm separated by walls ~ 50 μm .

The MRM was irradiated in the synchrotron center, Lund, Sweden, in white radiation. The wavelength range of the incident beam is $\lambda = 0.25\text{-}0.45$ nm, the grazing angle of incidence on the MRM was 4° . A one-dimensionally compressed image of the pattern on the MRM was printed on a SU-8 photoresist, which was located at a distance of $L \sim 40$ mm from the mask. The picture obtained upon irradiation with an MRM is walls ~ 50 μm in size, which are formed when radiation is reflected from regions lying in the plane of incidence of radiation, and a shrunk image with a characteristic element size of $4.3 - 6$ μm at the perpendicular plane. The reduction is at least 8 times compared to the original size of the mask elements.

We also took into account the diffraction effects estimating the actual size of the compressed element. So, the real size of the compressed element will be $t_b = t_m \times \sin\theta + 2L\lambda/\sin\theta$; or taking into account Bragg's law ($2d\sin\theta = n\lambda$) – $t_b = \lambda \times t_m / 2d + 2Ld/t_m$. Taking into account this formula and the real dimensions of the mask, the size of the elements on the photoresist will be 11.5 microns. Consequently, the experimental decrease is at least twice the calculated one.

МОДЕЛЮВАННЯ КУВАННЯ ЦИЛІНДРА З НАСКРІЗНИМ ОТВОРОМ

Чухліб В.Л., Дуванський О.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Запірна арматура - вид трубопровідної арматури, яка використовується з метою перекриття потоку робочої рідини[1] .

У роботі розглянуто запірну арматуру, яка працює в умовах негативного впливу робочої рідини. Для корозійних і агресивних середовищ використовуються такі типи запірної арматури, як вентилі, крани і засувки. Серед декількох способів виготовлення даного типу деталей - зварювання, штампування, лиття, кування - розглядаємо останній, а саме - кування.

Суть існуючої технології кування полягає в наступному: деталь закривають з усіх боків напуском на механічну обробку в просту геометричну форму - зазвичай - паралелепіпед або циліндр. Використання даної технології призводить до високого коефіцієнту витрат металу, і, як наслідок, високої вартості виготовлення. Основними проблемами є зменшення кількості металу, який йде у відхід та наближення форми деталі поковки до форми корпусу деталі запірної арматури.

Серед українських та іноземних виробників запірної арматури при огляді продукції було прийнято розподіл на 3 типи поковок - з гострим, прямим та тупим кутом нахилу конусності наскрізного отвору. В роботі проведено моделювання та аналіз течії металу та розподілу об'єму поковки при складній формозміні при протягуванні.

В програмному комплексі QForm 3D [2] виконано моделювання протягування з різними вхідними параметрами - діаметром отвору та ступеню деформації. Після моделювання було проведено порівняння заготовки і деформованої поковки для аналізу течії металу і зміщення об'ємів поковки.

Проведено розбивку зміщеного об'єму на деяку кількість умовних об'ємів з метою подальшого аналізу та переводу задачі у математичну площину. Таким чином отримано наближення форми конусності поковки до конусності деталі, яке вимагає додаткового дослідження.

Література:

1. Гуревич Д.Ф., Воловик А.В. Арматура трубопроводная металлургических производств. Справочник.- М.: Металлургия, 1984.
2. Nikolay Biba, Alexander Maximov, Sergei Stebunov, Alexey Vlasov. The model for simulation of thermally, mechanically and physically coupled problems of metal forming. URL: <http://www.qform3d.co.uk/publications//Article>. - Metal Forming, 2012.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕХОДІВ КУВАННЯ ПОКОВОК ЦИЛІНДРІВ З ОТВОРОМ

Чухліб В.Л., Палієнко В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Розробка технологічного процесу вільного кування має ряд вимог, які в свою чергу, можуть вплинути на структуру і властивість металу. Оптимальні режими деформації металу, відіграють ключову роль у виробництві.

У даній роботі була розглянута формозміна поковки типу “циліндр” з внутрішнім отвором і уступами, як зовнішнім так і внутрішнім. Перерозподіл металу в даному випадку зосереджено в зоні уступу для формування закриття внутрішнього діаметра циліндра.

З основних операцій вільного кування використовуються такі види кування: осаджування та протягування на оправці.

Протягування на оправці відрізняється від інших способів кування періодичністю і частотою обтиснень. Вона являє собою збільшення довжини прошитої заготовки обтисненням її по обидва боки оправкою двома бойками при цьому зовнішній діаметр і товщина стінки заготовки зменшуються [1].

Початковою операцією є кування цапфи під патрон, а далі обтиск граней на потрібний діаметр, так як вихідна заготовка близька до форми циліндра.

Наступною операцією є осаджування заготовки, після якої йде прошивання отвору прошивачем під діаметр для виконання наступної операції, а саме протягування на оправці з вирівнюванням стінки до певного діаметру.

Фінальною операцією є протягування на оправці, яка в свою чергу є трудомістким процесом формозміни металу, так як оптимальним режимом кування може бути безліч методів кантування і варіацій режимів обтиску. Основна формозміна зосереджена в зоні заковування кінця частини поковки.

В якості комп'ютерного моделювання був використаний програмний комплекс Qform 3D [2], який в свою чергу дав можливість розглянути технологію кування циліндра з отвором та розробити оптимальні режими кування та визначити напружено-деформований стан металу при пластичній деформації заданої заготовки.

Література:

1. Автоматизированное проектирование технологических процессовковки крупных поковок: учеб. пособие / О. Е. Марков, Л. Н. Соколов; Донбасская гос. машиностроительная академия. - Краматорск : ДГМА, 2007. - 236 с.
2. Nikolay Biba, Artem Alimov, Andrey Shitikov, Sergei Stebunov. The Implementation of Microstructural and Heat Treatment Models to Development of Forming Technology of Critical Aluminum-Alloy Parts, 2018.

ОЦІНКА РОЛІ МІЖФАЗНИХ ТА МІЖЗЕРЕННИХ ГРАНИЦЬ ЗЕРЕН В ПІДВИЩЕННІ МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТАХ Cu-Ta ПРИ КІМНАТНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ

Ящерицин Є.В., Терлецький О.С.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

При створенні композиційних матеріалів з металевою матрицею, зокрема – багатошарових, важливим питанням є роль міжзеренних та міжфазних границь у зміцненні. З цією метою були досліджені шаруваті композити (ШКМ) Cu-Ta,

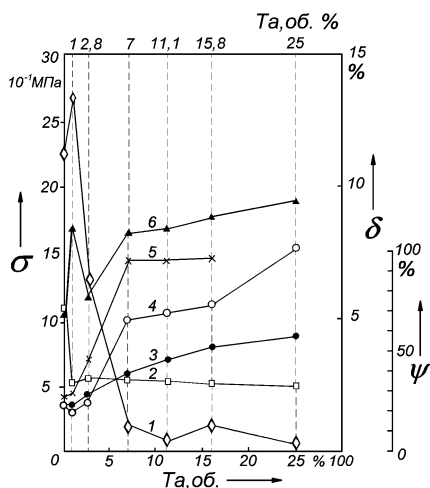


Рис.1. Залежність механічних властивостей ШКМ Cu-Ta від об'ємної доли Ta, випробуваних при 20 °C: 1 – δ ; 2 – ψ шарів міді; 3 – $\sigma_{0,05}$ розрах.; 4 – $\sigma_{0,05}$;

отримані методом дифузійного зварювання через прошарок фольги нікелю з об'ємними долями (1; 2,8; 7; 11,1; 15,8 та 25% Ta), при температурі – 1000°C, тривалості – 1 година, тиску в пристосуванні – близько 40 МПа і вакууму $\sim 1,3 \times 10^{-2}$ Па. Дослідження механічних властивостей композитів проводили при кімнатній температурі. Як свідчать дані на рис.1, можна вказати на певну подібність кривих $s_{0,05}$, $s_{0,2}$ та s_B . Так, починаючи з об'ємної долі у 2,8% Ta відмічено різке зростання цих характеристик, але з 7% Ta – знову слабкий темп їх підвищення. На ділянці ж від 0 до 2,8% Ta відмічено або невелике зниження та повільне зростання (крива $s_{0,05}$), повільне зростання (крива $s_{0,2}$) або ж стрибкоподібний ріст (від 0 до 1% Ta) та різке падіння (крива s_B). Дослідження мікро-

структури композитів з різними об'ємними долями показало, що ширина дифузійної зони між шарами нікелю і міді, виміряна при дослідженнях мікроструктури ШКМ, складає близько 15 мкм (рис.2). Причому у композитах з

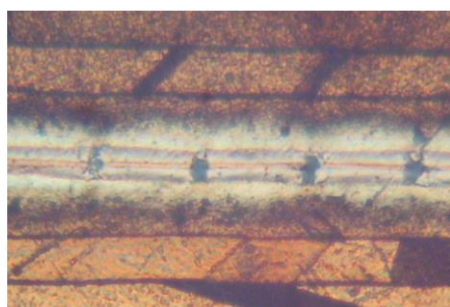


Рис.2. Мікроструктура дифузійної зони між Cu та Ni у ШКМ Cu-Ta (1% Ta) після його руйнування (x 120)

15,8 та 25% Ta ширина дифузійної зони порівнянна із шириною шарів міді, а це спричиняє як гальмування росту зерен міді, так і підвищення міцності за рахунок твердорозчинного зміцнення. Крім того, у цих композитах, на відміну від всіх інших у дослідженій системі, мідна матриця складається з одного шару фольги із стільниковою зеренною структурою. Наслідком цього є додаткове зміцнення при переході від полікристалічної до стільникової структури мідної матриці. В цьому випадку, суттєво ускладнюється передача ковзання у композитах з 15,8 та 25% Ta із зерен міді по

міжфазним границям до нікелю і далі – до танталу.

СЕКЦІЯ 7. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

ФОТОТЕРАПЕВТИЧНА АПАРАТУРА НА СВІТЛОДІОДАХ ДЛЯ ЕКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПРОМІНЕННЯ КРОВІ

Алмазова О.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Фототерапевтична апаратура для екстракорпорального опромінення крові (ЕОК) працює на 3-х довжинах хвиль, які мають найбільшу ефективність при впливі на еритроцити людини. Апаратура складається з 2-х частин.

I частина апаратури для екстракорпорального опромінення крові (АЕОК) складається з корпусу, в верхню кришку і дно якого вмонтовані матриці з рівномірно розташованих випромінюючих діодів (МВД) 3-х діапазонів: (310-320 нм; 570-590 нм; 630-640 нм). У корпусі є ложе для кювети опромінення крові (ЗК), з розміром 200 см² (розмір одноразового стерильного поліпропіленового контейнера (ОСПК) для забору та зберігання крові). Максимальна інтенсивність опромінення - 33 мВт/см², потужність - 6 Вт. Освітленість вимірює група цифрових датчиків (ГЦДО). Температуру (зміна не більше, ніж на 1°K) передбачається фіксувати терморезистором (ВТ), який має тепловий контакт з ОСПК. Щоб не допустити потрапляння бульбашок повітря при трансфузії крові, апаратура містить систему «захисту від бульбашок».

II частина апаратури складається з пристрою живлення і керування (ПЖК), в результаті дії якого в матриці ВД подається струм, що змінюється за обраним законом. ПЖК включає в себе: контролер (К) - здійснює управління режимом роботи пристрою; комутатор випромінюючих діодів (КВД) - здійснює вибір відповідної групи ВД та регулювання (за допомогою ШІМ) потужності ВД в різних режимах. БІУ (блок індикації і управління) включає в себе РК (рідкокристалічний) дисплей - виводяться відомості про основні режими: характер роботи; група ВД; температура в приладі; час експозиції; потужність і тимчасові параметри при роботі в імпульсному режимі; набір кнопок - створює всі зміни в режимах роботи пристрою. На передній панелі виведені індикатори (підтверджують включення матриць відповідних ВД), вимикач мережі живлення з індикатором. БЖ (блок живлення) забезпечує напруженнями всі частини схеми, здійснює гальванічну розв'язку елементів пристрою від мережі.

Апаратура працює наступним чином: ОСПК (з антикоагулянтном) підключений до системи переливання крові, поміщають в ложу для кювети опромінення крові. За допомогою кнопок виводиться інформація про роботу всієї апаратури і відображається на РК дисплеї. Це режим постійного або імпульсного випромінювання матриці відповідних ВД певної довжини хвилі, часу експозиції, освітленості, потужності. Після проведення процедури опромінення ОСПК, за допомогою голки системи переливання крові пунктирують кровоносну судину, відкривається затиск системи переливання крові та проводиться її трансфузія. Тривалість процедури опромінення задається за допомогою контролера, відображається на РК дисплеї.

Висновки. Розроблено універсальну фототерапевтичну апаратуру (на базі власних досліджень) для ЕОК з матрицею з 3-ма групами світлодіодів різного діапазону ($\lambda_1 = 310-320$ нм; $\lambda_2 = 570-590$ нм; $\lambda_3 = 640-650$ нм). Були визначені:
- параметри впливу для забезпечення заданої дози і способи їх регулювання;
- метод розрахунку параметрів матриці випромінювачів (фотонне поле);
- запропонований метод розрахунку інтенсивності випромінювання СВД;
- створена функціональна схема апаратури і алгоритм її роботи.

CRYSTALLIZATION FEATURES OF AMORPHOUS FILMS OF Sb_2S_3 **Bagmut O.G., Bagmut I.O., Resnik M.O.***National Technical University**“Kharkiv Polytechnic Institute”,**Kharkiv*

“In situ” electron beam irradiation is a spatially selective heating method which offers an opportunity to fabricate crystalline architectures in amorphous films under controlled conditions. In this work crystallization of amorphous films of Sb_2S_3 of both stoichiometric composition and with the excess of Sb was studied by the methods of transmission electron microscopy with video registration of structural changes. Irradiation of amorphous film of Sb_2S_3 with stoichiometric composition causes phase transformation, that occurs according to the scheme of layer polymorphous crystallization. A single flat ellipse-shaped crystal of Sb_2S_3 nucleates and grows in the film region under investigation. The dependence on time of the length of major and minor ellipse axis of this crystal has a linear character. As the ellipse-shaped crystal grows, its eccentricity decreases exponentially with time. The dependence on time of the fraction crystallized x at layer polymorphous crystallization has a quadratic character (Fig 1a). Wherein the relative length $\delta_0 \approx 4992$ [1].

Electron beam irradiation of amorphous non-stoichiometric films with excess of antimony initiates the predominant crystallization of Sb during the first stage of the process, and subsequent matrix Sb_2S_3 crystallization during the second stage. As the film warms up, the density n and average value of the diameter $\langle D \rangle$ of antimony particles monotonically increases and at saturation $n \approx 7.5 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2}$ and $\langle D \rangle \approx 0.029 \mu\text{m}$. Then in the amorphous matrix with inclusions of micro-crystals of Sb a single flat ellipse-shaped crystal of Sb_2S_3 was growing. The dependence on time of the fraction crystallized x at secondary polymorphous crystallization of Sb_2S_3 described by a power function with the exponent of 0.68. Wherein the relative length $\delta_0 \approx 9725$.

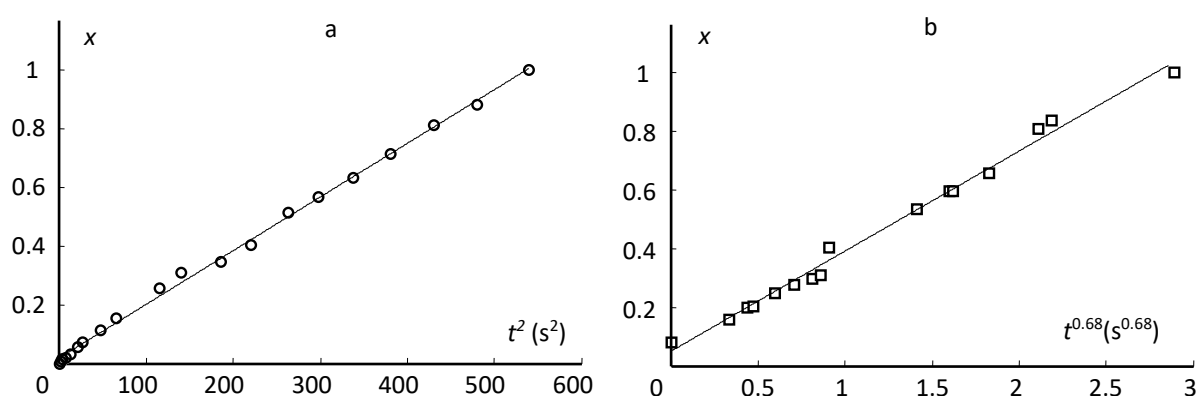


FIG. 1. Time dependence of the fraction crystallized for polymorphous (a) and for secondary (b) crystallization of amorphous films of Sb_2S_3

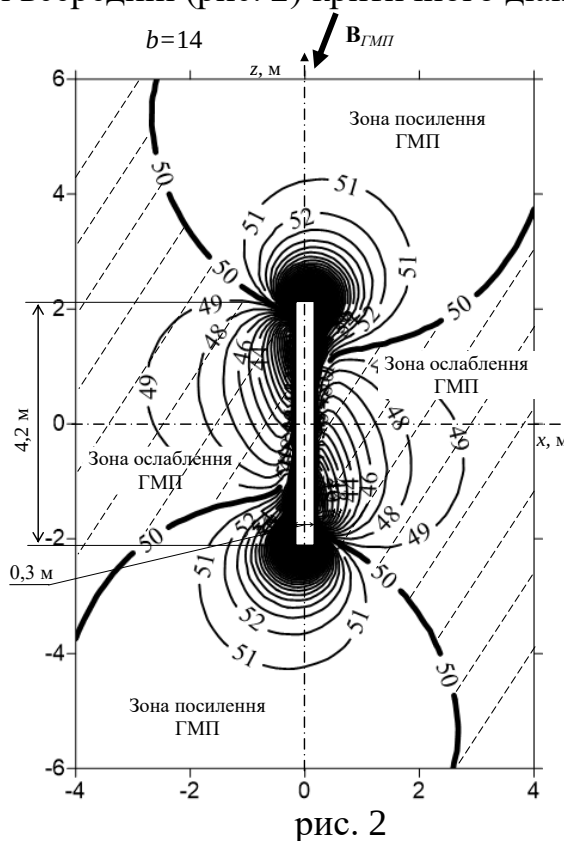
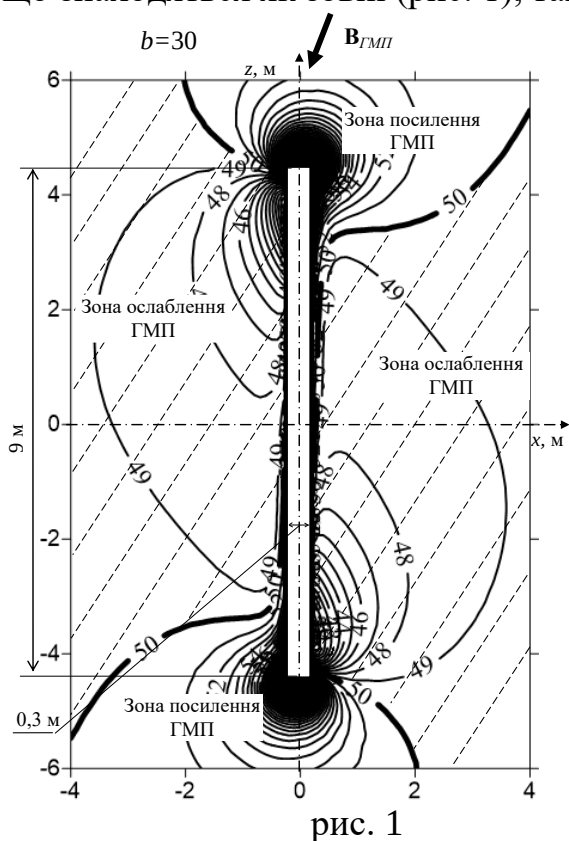
[1] A.G. Bagmut, Functional Materials, 2019, vol. 26, 6-15.

ОПТИМІЗАЦІЯ СПІВВІДНОШЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТЯЖНИХ ФЕРОМАГНІТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛОН ЯК МЕТОД НОРМАЛІЗАЦІЇ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В ПРИМІЩЕННЯХ

Грецьких С.В.

ДУ «Інститут технічних проблем магнетизму
Національної академії наук України», м. Харків

Проведені дослідження явища ослаблення геомагнітного поля (ГМП) сталевую колоною [1] показали, що для нормалізації ГМП при найгіршому випадку ($\mu_n = 300$; $K_V = 0,15$; $\mu_e = 45$) значення коефіцієнта протяжності колони $b = 0,5 h / r$ не повинно потрапляти в критичний діапазон $b \in (4 \div 28)$, що дозволяє визначити умови нормалізації ГМП колони методом оптимізації її геометричних параметрів $b < 4$; $b > 28$. Представлені результати чисельного моделювання методом скінчених елементів розподілу модуля вектора індукції МП у вертикальній площині під дією повного вектора ГМП поблизу залізобетонних колон з різними значеннями коефіцієнта протяжності колони b , що знаходяться як зовні (рис. 1), так і всередині (рис. 2) критичного діапазону.



Аналіз даних розподілу індукції МП (рис. 1, 2) показує, що мінімальний рівень індукції МП поблизу колони з $b = 14$ становить 36 мкТл, а у колони з $b = 30$ – 40 мкТл, що підтверджує можливість нормалізації індукції ГМП поблизу поверхні реальних залізобетонних колон шляхом оптимізації їх геометричних розмірів.

Література:

1. Розов В.Ю., Реуцкий С.Ю., Левина С.В. Исследование явления ослабления статического геомагнитного поля стальной колонной. *Технічна електродинаміка*. 2014. № 1. С. 12-19.

ВПЛИВ ГЕЛІЄВОЇ ПЛАЗМИ НА СОНЯЧНІ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ БАЗОВОГО ШАРУ CdTe

Доброжан А.І., Копач Г.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Сонячні елементи на основі гетеросистеми CdS/CdTe перспективні для космічного використання. При довгостроковому впливі високоенергетичного іонізуючого випромінювання у випадку використання сонячних елементів в космічному просторі за рахунок процесів деградації спостерігається погіршення їх вихідних параметрів. Причиною цього може бути зміна кристалічної структури і оптичних властивостей матеріалу базового шару CdTe та/або зміна електричних властивостей контактного шару приладу під дією зовнішніх випромінювань. Одним з таких випромінювань в космічному просторі є гелієва плазма, яка є складовою частиною сонячного вітру. Тому актуальним є дослідження впливу потоку гелієвої плазми на вихідні характеристики сонячних елементів на основі базового шару телуриду кадмію.

Гетеросистеми CdS/CdTe для сонячних елементів на основі CdTe отримані на скляних підкладках з підшаром FTO вакуумними методами, а саме методом термічного випарювання у вакуумі, методом квазізамкненого об'єму та методом магнетронного розпилення на постійному струмі. Отримані сонячні елементи опромінювались гелієвою плазмою впродовж 5 імпульсів плазмових потоків тривалістю 1 мкс, густиною потоку частинок $\approx 10^{18}$ см⁻³ та густині потоку енергії 0,2 МДж/м².

Виявлено, що фронтальні та тильні контакти зразків сонячних елементів після дії гелієвої плазми ревипарувались. Під час циклічних теплових ударів з поверхні телуриду кадмію частково ревипарувався тильний контакт Cu/Au та з поверхні скла повністю ревипарувався шар FTO, який служив фронтальним контактом тонкоплівкової структури. Це призвело до повного виведення приладових структур з робочого стану у стан непридатний до використання та подальшого дослідження вихідних параметрів та світлових діодних характеристик сонячних елементів на основі базового шару CdTe.

Тильні контакти СЕ зовні схожі на одноосібні чи вибудовані одна за одною острівкові структури з довжиною від 30 мкм до 150 мкм та шириною 10-15 мкм. Ймовірний механізм виникнення таких структур полягає в тому, що під час термічного удару досягається температура розм'якшення суміші металів тильного контакту Cu/Au та під дією сил поверхневого натягу відбувається часткове злиття розплавленої частини в краплю. Після закінчення термічного удару починається швидке охолодження цієї краплі металу за рахунок теплопровідності CdTe, застигання та кристалізація. Циклічний характер таких термічних ударів створює умови для збільшення об'єму окремих крапель за рахунок матеріалу контакту, який знаходиться навкруги краплі, та сил поверхневого натягу.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ PV/T СИСТЕМ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Зайцев Р.В., Мінакова К.О., Кіріченко М.В., Шкода Д.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В рамках проведеної роботи була запропонована часткова математична модель термофотовольтаїчних систем. Таку модель можна використовувати для розрахунку теплової енергії, яку отримуємо від одного класичного колектора в рамках зазначеної системи. Зазвичай, реальна система має декілька паралельних трубок з теплоносієм. Якщо це так, то тепла енергія, отримана від одного колектора помножується на кількість паралельних колекторів. В рамках моделі аналіз конфігурації колектора проводиться на основі закону теплового балансу для елементарної ділянки (steady state energy balance of an element):

$$\Delta x S - \Delta x U_l (T_x - T_a) + \left(-k\delta \frac{dT}{dx} \Big|_x \right) - \left(-k\delta \frac{dT}{dx} \Big|_{x+\Delta x} \right) = 0, \quad (1)$$

де S – поглинена тепла енергія ($\text{Вт}/\text{м}^2$); U_l – коефіцієнт втрат ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$); k_{abs} – теплопровідність матеріалу абсорбера ($\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$); T_a – температура навколишнього середовища; T_x – температура абсорбера в точці x ; q'_{fin} – теплопередача в напрямі x при $x = (W-D)/2$ на одиницю довжини трубки ($\text{Вт}/\text{м}$) (рис. 1).

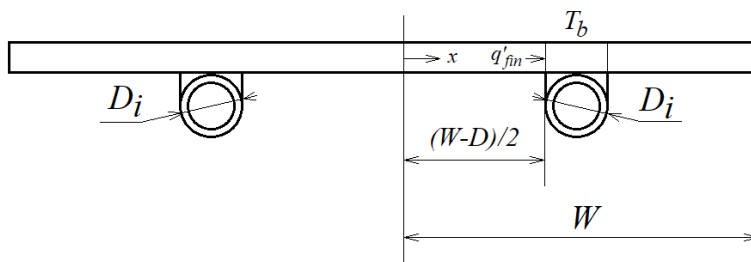


Рисунок 1 – Розподіл температури в поглиначі.

Модель дозволяє розрахувати та оптимізувати коефіцієнт ефективності колектора F' – це відношення фактичної енергії, що передається до рідини, до енергії, що отримана при постійній температурі поглинача та відомій температурі рідини. Це співвідношення спрощує розрахунки та дозволяє розраховувати корисну енергію з використанням однієї невідомої температури. Коефіцієнт ефективності колектора аналогічний до коефіцієнта ефективності ребра, оскільки від пов'язує характеристики теплопередачі з температурою теплоносія:

$$q'_u = W F' (S - U_l (T_f - T_a)), \quad (2)$$

Співвідношення можна використовувати для розрахунку корисної енергії, зібраної на одиницю довжини трубки поглинача.

Література:

1. Minakova K.A. Improving the Solar Collector Base Model for PVT System / K.A. Minakova, R.V. Zaitsev // Journal of nano- and electronic physics. – 2020. – Vol. 12. – No 4. – P. 04028-1 – 04028-5.
2. Zaitsev R.V. Novelty approach to GaAs solar cells modelling / R.V. Zaitsev, M.V. Kirichenko // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week) 5-10 October 2020, Conference proceedings. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2020. – P. 71-75.

ОПТИМИЗАЦИЯ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ nc-SiC ПЛЕНОК В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Любов Д. В.¹, Семёнов А. В.¹, Махонин Н. В.¹, Борискин В. Н.²

¹ *Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,*

² *Национальный научный центр
«Харьковский физико-технический институт», г. Харьков*

Газовые сенсоры являются важнейшими приборами систем мониторинга природной и техногенной атмосферы на Земле. За последние тридцать лет широкое распространение получили, хорошо разработанные полупроводниковые газовые сенсоры, обладающие замечательным набором свойств: стоимость/эффективность, надежность, низкое энергопотребление, высокая чувствительность и маленький размер. Дальнейшее развитие технологии регистрации газов полупроводниковыми сенсорами связано с исследованиями способов улучшения характеристик приборов и повышением стойкости к внешним воздействиям. В настоящей работе мы исследовали диапазон радиационной стойкости и возможность оптимизации газочувствительных свойств (S) пленок нанокристаллического SiC (nc-SiC) в условиях облучения высокоэнергетичными (10 МэВ) электронами.

Образцы пленок nc-SiC на подложках из сапфира поэтапно облучали сканирующим импульсным пучком электронов на ускорителе электронов КУТ. Образцы облучали поэтапно 12 раз с нарастающими флюэнсами. Установлено: nc-SiC пленки сохраняют газочувствительные свойства в диапазоне флюэнсов $5 \cdot 10^{14} - 9 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$; с увеличением флюэнса облучения электронами величина S для O_2 , CO , O_3 плавно растет, достигая увеличения $K_E(\text{O}_2) = 7$, $K_E(\text{CO}) = 1,58$ (Рис.1), $K_E(\text{O}_3) = 3,16$ для $T = 280^\circ \text{C}$ при максимальном флюэнсе $9 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$. Зависимость S для CH_4 имеет широкий максимум в диапазоне флюэнсов $F_5 = 5 \cdot 10^{16} - F_8 = 10^{18} \text{ см}^{-2}$ с максимальным значением $K_E(\text{CH}_4) = 1,28$.

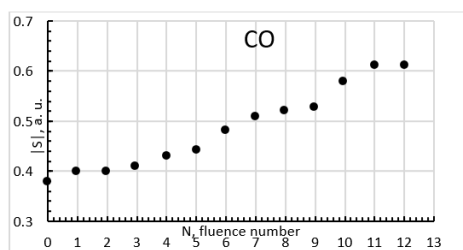


Рис. 1

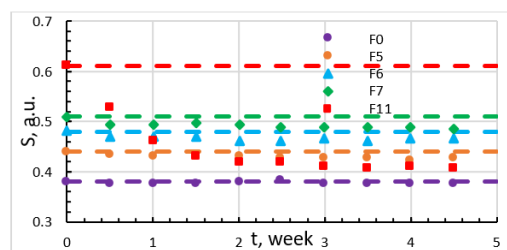


Рис. 2

Оптимальными флюэнсами облучения электронами nc-SiC пленок для повышения газовой чувствительности является диапазон $10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-2}$. После обработки электронами в указанном диапазоне пленки достигают значений увеличения S $K_E(\text{O}_2) = 3,4$, $K_E(\text{CO}) = 1,47$ (Рис.2), $K_E(\text{O}_3) = 2,0$ для $T = 280^\circ \text{C}$, $K_E(\text{CH}_4) = 1,28$, которые незначительно изменяются во времени. При обработке более высокими флюэнсами увеличенная величина S является нестабильной во времени (Рис.2).

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАТИЧНОГО І ДИНАМІЧНОГО СТАНУ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мартиненко Г.Ю., Гулаков А.С.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

У роботі було проведено аналіз даних стосовно того, в яких саме задачах механіки є можливість використання нейромережових алгоритмів. Зараз можна спостерігати активне поширення нейромереж для вирішення різного роду задач від медицини до бізнесу. Великою перевагою нейромережових алгоритмів є здатність навчатися, в тому числі, і на помилках попередніх аналізів. Таким чином, чим більше буде проведено досліджень, тим більше інформації умовна нейронна мережа зможе отримати. Виходячи зі здобутих «знань» ітераційно буде виправлено все більша кількість помилок.

Великий спектр можливостей нейронних мереж дозволяє застосовувати їх для задач різного спрямування. Висока точність рішень є критичною вимогою для впровадження в такі області, як механіка, медицина, будівництво тощо. Навіть умовно прості процеси можуть вирішувати складні завдання. Зараз нейромережі застосовуються для розв'язання одновимірних і двовимірних задач, задач екстраполяції та інтерполяції. Швидкість розв'язання є дуже високою, а за умови навчання за допомогою відомих даних, показники можуть поліпшуватися. При цьому відносні похибки можуть мати істотно менші значення, ніж при застосуванні традиційних алгоритмів, а висока точність результату може бути основним пріоритетом в деяких задачах, в тому числі, і механіки.

В задачах механіки при статичному або динамічному аналізі конструкцій для їх кращого розв'язання за допомогою метода скінченних елементів нейромережі можна застосовувати при прогнозуванні і обчисленні міцнісних та динамічних характеристик, а також довговічності об'єкта досліджень. При цьому результат буде отримано з похибкою, що не перевищує допустимі значення, але з більш низькими обчислювальними витратами. У схожому ключі нейромережові алгоритми можна використовувати для підвищення точності розв'язання задач оптимізації. Одним із відомих прикладів практичного застосування нейромережових алгоритмів в задачах динаміки механічних систем є проведення аналізу для визначення значень критичних швидкостей роторів різноманітних машин і систем, що встановлено у різні підшипники [1].

Слід зазначити, що у нинішній час підхід з використанням нейромережових алгоритмів до задач механіки застосовується в дуже малій кількості. З ростом популярності схожих методів їх застосування може стати більш обґрунтованим і частим. Це допоможе збільшити точність отриманих розв'язків при менших затратах обчислювальних потужностей. Тому дана тематика є актуальною в науковому середовищі і її розвиток може дати перевагу в швидкості і точності досліджень.

Література:

1. Pavlenko I. et al. Using Computer Modeling and Artificial Neural Networks for Ensuring the Vibration Reliability of Rotors. CMIS 2019.

ВИКОРИСТАННЯ СТУДЕНТАМИ МАТЕМАТИЧНИХ ПАКЕТІВ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ШИРИНИ ЗАБОРОНЕНОЇ ЗОНИ НАПІВПРОВІДНИКА

Меньшикова С.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Навчальний процес студентів очної форми навчання включає в себе різні види занять: лекції, практичні та лабораторні заняття і самостійну роботу. Кожний з видів занять виконує певну роль у становленні студента як спеціаліста.

На сучасному етапі розвитку методик викладання навчальних курсів суттєве значення мають лабораторні роботи. Виконання студентами такого виду занять додатково стимулює розумову діяльність, розвиває навички проведення експерименту, логічне мислення, дисципліну оформлення результатів та їх структуризацію, критичний аналіз, коректну обробку отриманих результатів та здібність до формулювання висновків з масиву отриманих даних.

Як відомо, сучасні комп'ютерні технології дозволяють розв'язувати широкий спектр наукових задач. Використання комп'ютерів є ефективним при обробці значної кількості експериментальних результатів. Вчені в своїй науковій роботі активно використовують існуючі математичні пакети та/або мають навички з написання програм або додатків, які можуть розв'язувати поставлені задачі та спрощувати розрахунки.

Пропонується використання різних математичних пакетів при виконанні студентами лабораторної роботи по визначенню ширини забороненої зони напівпровідникового матеріалу.

Лабораторна робота полягає в отриманні температурної залежності електричного опору напівпровідника та наступній побудові залежності опору від оберненої температури в логарифмічних координатах. Після цього необхідно апроксимувати залежність лінійною функцією та за кутом нахилу лінії до вісі абсцис визначити величину ширини забороненої зони досліджуваного матеріалу. Для виконання цих етапів завдання можна запропонувати студентам використовувати різні математичні пакети (перелічені від найпростіших до більш потужних): Excel, Origin, Maple або MatLab. В залежності від початкового рівня підготовки студент може використовувати один з перелічених додатків на вибір. Це дозволить кожному студенту успішно виконати завдання та сприятиме отриманню додаткових знань (вивчення/ознайомлення із новими комп'ютерними програмами або удосконалення існуючих навичок їх використання).

Таким чином, розглянуто основні переваги виконання такого виду занять як лабораторні роботи в початковому процесі. Запропоновано використання широкого спектру математичних пакетів студентами при обробці експериментальних даних на прикладі виконання лабораторної роботи по визначенню ширини забороненої зони напівпровідника.

ИЗУЧЕНИЕ РОСТА КРИСТАЛЛОВ С ИЗОГНУТОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКОЙ В АМОРФНЫХ ПЛЕНКАХ Sb_2S_3

Николайчук Г.П.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

При сферолитной кристаллизации аморфных пленок многих веществ образуются бездислокационные кристаллы с монотонно искривленной кристаллической решеткой. Сами кристаллы при этом остаются плоскими. Искривление решетки имеет характер упругой ротационной дисторсии. Кристаллы с таким искривлением кристаллической решетки были названы трансротационными.

В данной работе методами просвечивающей электронной микроскопии исследована кристаллизация аморфных пленок сульфида сурьмы Sb_2S_3 с целью выяснения условий способствующих росту кристаллов с изогнутой кристаллической решеткой.

Аморфные пленки изготавливали методом термического испарения исходного вещества стехиометрического состава в вакууме 10^{-3} Па на поверхность скола (001) кристаллов KCl при комнатной температуре подложки. Кристаллизация отдельных участков аморфных пленок производилась по методике "in situ" путем их нагрева в колонне электронного микроскопа ПЭМ-125К электронным пучком различной фокусировки и интенсивности пучка. Скорость роста кристаллов варьировалась в интервале 0,001 – 1 мкм/с.

При медленном нагреве аморфной пленки электронным пучком и малой скорости роста кристаллов 0,001 мкм/с сначала образуются очень тонкие кристаллические пластинки, толщина которых значительно меньше толщины пленки. Дифракционный контраст на их изображении очень слабый, изгибные экстинкционные контуры или отсутствуют, или они очень широкие и наблюдается только один контур, а не пара контуров от одноименных плоскостей. Это указывает на незначительную кривизну решетки кристаллов. По мере дальнейшего нагрева размеры кристаллов в плоскости пленки увеличиваются не значительно, но происходит их прорастание на всю толщину аморфной пленки. С ростом толщины кристаллических пластинок происходит уменьшение ширины изгибных экстинкционных контуров, появляются пары изгибных контуров от одинаковых плоскостей, уменьшается межконтурное расстояние, и появляются контуры от других систем плоскостей. Это указывает на увеличение кривизны кристаллической решетки. При этом происходит увеличение кривизны кристаллической решетки от центра к периферии кристаллов. Например, для пары изгибных контуров (340) кривизна увеличивается от $9,5^\circ$ на 1 мкм в центральной части кристалла до 19° на мкм у края кристалла. В аморфной пленке, окружающей кристаллы, какие-либо морфологические изменения не наблюдаются.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТИПУ ПРОВІДНОСТІ ПОЛІКРИСТАЛІВ $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ ВІД ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ

Новак К.В., Дорошенко Г.М., Мартинова К.В., Рогачова О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Тверді розчини $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ – одні з найкращих матеріалів для використання у термоелектричних пристроях у якості p - і n - гілок термоелементів. Відомо, що сполука Bi_2Se_3 має n -тип провідності та є ізовалентною і ізоморфною домішкою для Bi_2Te_3 , що має p -тип. Оскільки тверді розчини $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ мають різні типи власних точкових дефектів, їх зонна структура може бути досліджена тільки якісно. Зазвичай, зміна типу провідності ($p \rightarrow n$) у $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ відбувається при $x \sim 0.3$, коли утворюється сполука $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$. Методика приготування зразків також впливає на дефектну структуру і, наприклад, холоднопресовані полікристали $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ мають n -тип провідності у всьому інтервалі концентрацій x . Крім того, на дефекти, а отже і тип провідності впливають такі зовнішні фактори, як температура T та величина магнітного поля B .

Мета роботи – виявлення залежності типу провідності твердих розчинів $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ різного складу від величини магнітного поля та температури. Об'єкти дослідження – полікристали $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ зі вмістом $x = 0.1$ і $x = 0.3$, що після синтезу піддавалися відпалу протягом 300 годин при $T = (670 \pm 5)$ К. Вимірювання коефіцієнта Холла R_H проводили стандартним dc методом на паралелепіпедах ($10 \times 3 \times 2$ мм) у діапазоні магнітних полів $B = 0.01 - 1.0$ Тл та $T = 80$ і 300 К.

Одержано залежності $R_H(B)$ при різних T та показано, що графіки $R_H(B)$ подібні і мають дві ділянки: перша, коли R_H практично не залежить від величини магнітного поля (що відповідає випадку слабкого магнітного поля) та друга, коли R_H монотонно зменшується з ростом B (область сильних магнітних полів). Виявлено, що $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ зі вмістом $x = 0.3$ (що близько за складом до $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$), має n -тип провідності для всіх досліджуваних T та B . Твердий розчин $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ зі вмістом $x = 0.1$ має p -тип провідності при 300 К, що характерно для чистого Bi_2Te_3 . Проте, при 80 К поведінка $R_H(B)$ має складний характер: коли $B < 0.2$ Тл величина $R_H > 0$ і не залежить від B , а при $B > 0.2$ Тл величина R_H різко змінює знак на від'ємний та збільшується за модулем при зростанні B .

Таким чином, тип провідності полікристалів $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ залежить від складу, температури та величини магнітного поля, що можна пов'язати з домінуванням при певних умовах дефектних станів з донорним ефектом.

Література:

1. Percolation effects and self-organization processes in $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ solid solutions / E.I. Rogacheva, T.N. Shelest, E.V. Martynova, A.N. Doroshenko, O.N. Nashchekina, Yu.V. Men'shov // Functional Materials. – 2019. – V. 26. – № 2. – P. 254-261

ТЕПЛОВЕ ПОЛЕ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ТА ОДНОКОНТУРНОГО ЕКРАНА В ЗОНІ МУФТОВИХ З'ЄДНАНЬ

Ткаченко О.О., Грінченко В.С.

*ДУ «Інститут технічних проблем магнетизму
Національної академії наук України»,
м. Харків*

Сучасні високовольтні кабельні лінії (КЛ) прокладаються з одножильних кабелів з ізоляцією зі зшитого поліетилену. У зонах їх муфтових з'єднань відстань між кабелями становить не менше 0,5 м. На цій ділянці магнітне поле КЛ може перевищувати допустимий рівень більш ніж в 4 рази. Для вирішення даної проблеми використовують зокрема пасивні контурні екрани. Однак лишається недостатньо дослідженим питання теплового впливу таких екранів на температурний режим КЛ, і, як наслідок, її пропускну здатність.

Метою даної роботи є визначення теплового поля високовольтної кабельної лінії електропередачі та одноконтурного екрана в зоні муфтових з'єднань.

Результати чисельного моделювання представлено на рис. 1 та рис. 2. Розподіл температури на першому рисунку отримано для контурного екрана з перерізом 70 мм², на другому – 185 мм². В обох випадках екран встановлено на висоті 0,3 м над КЛ, а переріз жили силових кабелів становить 500 мм². Струм в КЛ дорівнює 594 А, в екрані – 274 А. З рис. 1 видно, що температура екрана може перевищувати 70°C, яка є допустимою для ПВХ ізоляції. Це накладає обмеження при виборі його перерізу та висоти розташування над КЛ. У той же час, якщо температура екрана менше 70°C, як видно з рис. 2, то температура силових кабелів не перевищує 90°C, яка є допустимою для ізоляції зі зшитого поліетилену. Відповідно, пропускну здатність КЛ не знижується.

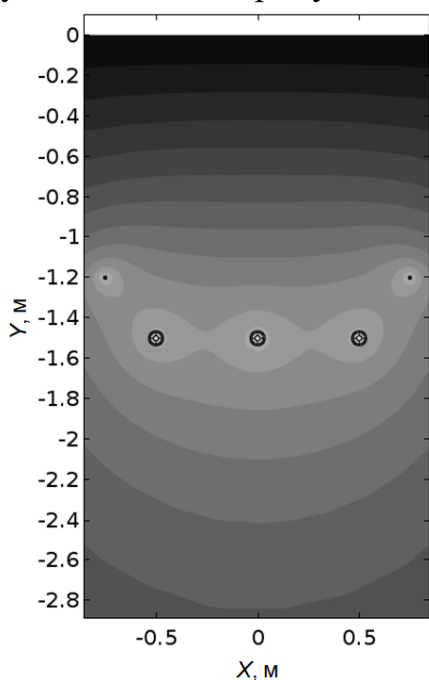


рис. 1



рис. 2

ДАТЧИКИ РІЗНОГО ТИПУ ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ

Тюфанов Г.Л., Медведєв Г.Л.

*ДП «Харківське конструкторське бюро з машинобудування
ім. О.О. Морозова»,
м. Харків*

Сенсорні технології на сьогоднішній день розвиваються шаленими темпами, що особливо пов'язано із досягненнями у поєднанні цифрових інтегральних схем з мікропроцесорами. Потенційне застосування гнучких систем контролю привертає увагу до розробки та вивчення гнучких датчиків як основних елементів в отриманні інформації [1,2]. Їх можна використовувати в рухомих механізмах різного виду транспорту, де застосування традиційних датчиків є ускладненим.

В залежності від сфери застосування та вимірюваної (контрольованої) величини сенсори поділяються на різні види: температурні, оптичні, звукові, газові, повітряні сенсори, датчики руху та відстані, тиску, вологості, тензодатчики, струму та напруги, тощо [3,4]. Основна задача будь-якого датчика – повідомити про стан параметра, який характеризує той чи інший процес. На сьогоднішній день активно вивчаються та поступово знаходять своє практичне використання тонкоплівкові датчики [5]. Вони мають малі розміри, що дозволяє збільшити густину їх розташування. Ці переваги стимулюють вивчення параметрів таких датчиків.

Одними з головних характеристик датчиків є точність та відтворюваність вимірюваних значень. Перед використанням датчики калібрують та перевіряють їх точність. Для цього: 1) виключаються систематичні похибки з результатів вимірювань; 2) визначається середнє арифметичне значення вимірюваної величини; 3) розраховується середнє квадратичне відхилення; 4) визначається довірчий інтервал випадкових та систематичних похибок з використанням надійності та коефіцієнта Стьюдента; 5) розраховується довірчий інтервал похибки результатів вимірювань. Для обробки такого масиву даних успішно використовуються сучасні комп'ютерні додатки.

Розглянуто основні види датчиків, зроблено акцент на головних їх характеристиках та перевагах. Для подальшого вивчення представляють інтерес тонкоплівкові датчики, що дозволить створити ефективні та інформативні системи контролю різного типу.

Література:

1. Gao W. Flexible Electronics toward Wearable Sensing / W. Gao, H. Ota, D. Kiriya, K. Takei, et al. // *Acc. Chem. Res.* – 2019. – 52 (3). – P. 523-533.
2. Han S. T. An Overview of the Development of Flexible Sensors / S. T. Han, H. Peng, Q. Sun, S. Venkatesh, et al. // *Adv. Mater.* – 2017. – 29 (33). – P. 1700375.
3. Pawlak A.M. Sensors and Actuators in Mechatronics: Design and Applications / Pawlak A.M. – CRC Press. Taylor&Francis Group, Boca Raton, 2006.
4. Owens A. R. Digital signal conditioning and conversion / A. R. Owens // *Journal of Physics E Scientific Instruments.* – 2000. – V. 15. – 8. – P. 789.
5. Ding H. Recent Advances in Gas and Humidity Sensors Based on 3D Structured and Porous Graphene and Its Derivatives / H. Ding, Y. Wei, Z. Wu, K. Tao, et al. // *ACS Materials Lett.* – 2020. – 2. – 11. – P. 1381–1411.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОТВЕРДОСТІ ХРОМОНІКІЛЕВОЇ СТАЛІ

Хацько Н.Є., Дьяконенко Н.Л., Хацько К.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Важливою задачею машинобудування є збільшення надійності і довговічності механізмів, які працюють у складних умовах: при високих або низьких температурах, великих швидкостях ковзання, при підвищених навантаженнях, у різноманітних середовищах та у вакуумі. У зв'язку з цим підвищуються вимоги до матеріалів пар тертя. При наявності неоднорідної структури використання методу мікротвердості надає результати вимірювань, які не завжди відповідають кількісному та якісному фазовому складу [1].

В цьому плані моделювання розподілення мікротвердості фазових складових представляє не тільки практичний, але й науковий інтерес, оскільки дозволяє отримати непрямі дані про процеси, які відбуваються у процесі механічних випробувань.

Моделювання експериментальних даних проводилось за допомогою математичних методів програмного пакету Microsoft Excel. Моделювання розподілення вимірювань мікротвердості здійснювалось у такій послідовності.

1. Задавали необхідні характеристики статистичного ряду: середнє значення, середнє квадратичне відхилення, проміжок генерації значень.

2. Згенерували ряд випадкових чисел з нормальним розподілом. При цьому використовували вбудовані функції бібліотеки Excel [2].

3. Підготували таблицю, в якій задали проміжки значень мікротвердості і частоту потрапляння вимірювань в ці проміжки. За її допомогою побудували гістограму випадкового ряду.

4. Побудували криву нормального розподілу ймовірності випадкового ряду з використанням раніше визначених ймовірнісних характеристик ряду. В якості параметрів використовували такі характеристики: межі інтервалів, середнє значення, стандартне відхилення.

5. Криву нормального розподілу і гістограму побудували на одній діаграмі для порівняння між собою.

Моделювання розподілення вимірювань мікротвердості проводилось для зразків після випробувань на тертя окремо для феритне - мартенситної матриці та білої зони. Ці параметри порівнювались з аналогічними параметрами кривих розподілення значень мікротвердості зразків сталі у початковому стані та після гартування.

Література:

1. Чичинадзе А.В. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учебник для технических вузов. – М.: Машиностроение, 2001. – 664с.
2. Борздова Т. В., Основы статистического анализа и обработка данных с применением Microsoft Excel. Учебное пособие _ - Минск. ГИУСТ БГУ, 2011. – 75 с.

ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТІ МАГНІТНОГО ПОЛЯ КОТУШКИ НА МАГНІТНИЙ МОМЕНТ ОСЕРДЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТУ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОСМІЧНИМ АПАРАТОМ

Чуніхін К.В.

ДУ «Інститут технічних проблем магнетизму

Національної академії наук України»,

м. Харків

У процесі проектування електромагніту магнітних систем керування космічними апаратами необхідно достатньо точно визначати його магнітний момент. При цьому зазвичай використовують спрощені математичні моделі магнітного поля електромагніту, основані на коефіцієнтах розмагнічування, у яких одним із недоліків є припущення однорідності магнітного поля котушки. У попередніх своїх роботах було створено математичну модель магнітного поля електромагніту з циліндричним осердям на основі інтегрального рівняння Фредгольма другого роду. Будемо досліджувати вплив неоднорідності

магнітного поля котушки на магнітний момент осердя такого електромагніту, оскільки магнітний момент котушки можна визначити аналітично. У табл. 1 представлено результати розрахунку цього впливу (ζ – відносна розбіжність між M_z та $M_z(H_0)$) за допомогою запропонованої математичної моделі: b – довжина осердя; $H_0 = I_c w / L_k$ – напруженість зовнішнього однорідного магнітного поля та його еквівалент неоднорідного поля котушки; w , I_c та L_k – число витків, струм витка та довжина котушки; $M_z(H_0)$ та

Таблиця 1

b , мм; b/R	$H_0 = I_c w / L_k$, А/м	w	I_c , мА	$M_z(H_0)$, А·м ²	M_z , А·м ²	ζ , %
80; 16	1646,66	6400	20,58	0,376	0,356	5,30
	3293,31	6400	41,17	0,751	0,712	5,27
	6586,62	6400	82,33	1,501	1,422	5,26
	9879,93	6400	123,50	2,250	2,130	5,32
165; 33	1646,66	13200	20,58	2,170	2,129	1,90
	3293,31	13200	41,17	4,333	4,249	1,94
	6586,62	13200	82,33	8,604	8,438	1,92
	9879,93	13200	123,50	12,003	11,866	1,14
330; 66	1646,66	26400	20,58	12,312	12,230	0,67
	3293,31	26400	41,17	22,333	22,230	0,46
	6586,62	26400	82,33	26,812	26,723	0,33
	9879,93	26400	123,50	28,324	28,220	0,37

M_z – магнітний момент осердя в зовнішньому однорідному магнітному полі та неоднорідному магнітному полі котушки. Матеріал осердя електромагніту – пермалой 50Н, його радіус $R=5$ мм.

Бачимо, що припущення однорідності магнітного поля котушки для циліндричних осердь електромагнітів виконується для $b/R \geq 66$, а для $33 \leq b/R < 66$ виконується за умови, що переважна частина осердя насичена. Така насиченість має місце у випадку $b/R=33$ при $H_0 \approx 9880$ А/м, але при цьому не можна досягнути ефективних характеристик електромагніту.

GAXRD AS METHOD FOR TESTING MAGNETIC COMPOSITE MULTILAYER STRUCTURES

Shipkova I.G., Veretennikova Yu.I., Devizenko A.Yu.

*National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv*

The trend of modern electronics is to maximize efficiency and control of various physical phenomena simultaneously within one device. For this reason, such devices consist of complicated nanostructured materials with metal, oxide and semiconductor components. Depending on application needs (resonant absorption, tunnel conductivity or low magnetization reversal loss) these materials often include magnetic composite nanosystems.

There are a variety of methods for testing such materials, for example, glance angle X-ray diffraction (GAXRD) one. This method allows to approximate the experimental GAXRD spectra of multilayer systems so that to find the structure period, total film thickness, material density, roughness of each layer. Earlier [1], when modeling spectra for multilayer structures of (ferromagnetic metal)_x–(insulator)_{100-x} with dielectric or semiconductor interlayers we showed advantages of modeling using stack of layers. The system appears to consist of several packages, the layers in which may have different concentrations of the metal phase. In this paper, we consider the possibilities of using the results of such modeling to find the magnetic characteristics of multilayer composite system. The objects under study were multilayer systems composed of [(Co₄₁Fe₃₉B₂₀)_x–(SiO₂)_{100-x}]₆₀ magnetic layers separated by SiC interlayers. Thickness of each layer was 3,5-4,5 nm. Concentration of magnetic phase in composite layers was in the range of $x = 24 - 55$ vol. %.

It was shown by modeling that the density ρ of composite layers varies from 3 to 5 g/cm³. These results points that volume concentration c of the magnetic alloy also varies for the packets (see Table). One can expect that packets with a concentration below the percolation threshold ($c_p \sim 25$ vol. %) magnetize like an superparamagnetic phase, and others, above c_p , as a ferromagnetic phase. Hence, the residual magnetization for the hysteresis loop was estimated and the magnetization region in high fields was reconstructed using the Langevin function. There was good agreement between values I_r/I_s of calculated and experimental magnetization curves.

Layer number	Material	Thickness $t, \text{\AA}$	Density $\rho, \text{g/cm}^3$	Calculated concentration $c, \text{vol.}\%$
1	SiO ₂	3	2.5	
20	SiC	27	2.5	
	FeCoB-SiO ₂	43	5	50
20	SiC	27	2.5	
	FeCoB-SiO ₂	43	3	10
20	SiC	27	2.5	
	FeCoB-SiO ₂	43	3.5	20

[1] I. Shipkova, Ju. Chekrygina et al. Solid State Phenomena, 5 (233-234), 2015, pp.633-636.

СЕКЦІЯ 8. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА В АВТОМАТИЦІ ТА ПРИБАДОБУДУВАННІ

ВИВЧЕННЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ КОМУНІКАЦІЇ З ВИХРОСТРУМОВИМ ДЕФЕКТОСКОПОМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Анацький М.І., Плєснецов С.Ю.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

В роботі розглянуто питання створення програмного засобу для розподіленого обміну даними та їх обробки в системі «клієнт-сервер» та «пристрій-ПК».

На ринку сучасних приладів для контролю та діагностики присутня важка конкуренція. Існують вимоги щодо якості та функціональності, однією з яких є система для комунікації, яка дозволяє обмін даними з віддаленими пристроями для подальшої обробки показників дефектоскопу.

Одним із ключових засобів передачі даних є комунікація в межах локальних провідних чи безпроводних мереж на базі веб-сокетів.

Розглянувши математичні принципи обробки сигналу для його аналізу та фільтрації, приведено методику, на базі якої було створено алгоритми калманівської фільтрації та швидкого перетворення Фур'є.

Для реалізації проекту було використано програмне середовище Delphi.

Сервер, створений за допомогою технології Indy (Indy Server), генерує сигнал за встановленим алгоритмом.

Клієнт, створений за допомогою технології Indy (Indy Client), приймає емульований сигнал з сервера, здійснює його цифрову обробку та візуалізацію отриманого результату за допомогою модуля TeeChart.

Зі стрімким розвитком інформаційних технологій та індустрії приладобудування ПЗ для підтримки та супроводу контрольно-діагностичного обладнання є актуальною проблемою.

В результаті роботи було створено програмний засіб для комунікації з вихрострумовим дефектоскопом.

Література:

1. Плєснецов Ю.О., Плєснецов С.Ю., Анацький М.І., Ященко К.А. Розробка програмного засобу для динамічного аналізу сигналу в режимі реального часу. Вісник НТУ «ХПІ», серія: Інновативні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії, № 2 (1356), 2020. С. 50-60.

2. Фільтр Калмана // [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/166693/>

3. Преобразование Фурье (Спектральный метод) // [Електронний ресурс] // Режим доступу: [https://ru.bmstu.wiki/Преобразование_Фурье_\(Спектральный_метод\)](https://ru.bmstu.wiki/Преобразование_Фурье_(Спектральный_метод))

5. Loginom. Спектральный анализ (Spectral analysis) // [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://wiki.loginom.ru/articles/spectral-analysis.html>

6. Быстрое преобразование Фурье // [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Быстрое_преобразование_Фурье.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗЕРНА У СХОВИЩАХ

Балєв В.М., Свириденко М.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У попередній роботі [1] було розглянуто важливість розробки та використання сучасних засобів визначення вологості та температури зерна в зерносховищах в реальному масштабі часу у визначених точках сховища. Ці засоби повинні мати можливість підключення до діючих або перспективних систем моніторингу стану різноманітних об'єктів.

Головними рисами системи що розробляється можуть бути, наприклад - компактність, невелика вартість та споживана потужність, простота інтеграції в діючі системи, можливість підключати сенсори різних виробників, нескладна процедура зміни конфігурації системи шляхом підключення додаткових елементів.

Найважливішими елементами сучасних цифрових ЗВТ залишаються АЦП, ЦАП, мікроконтролер та інтерфейсні модулі, характеристики яких головним чином визначають швидкість та точність отримання результатів вимірювання фізичної величини. Один з чинників сьогодення – широке використання System-on-Chip (систем на кристалі), які об'єднують всі ці елементи на одному кристалі, суттєво зменшуючи габарити та вартість. Типова система на кристалі має один, або декілька мікроконтролерів або ядер цифрової обробки сигналів, модулі пам'яті, таймери, лічильники, блоки стандартних інтерфейсів <https://ru.wikipedia.org/wiki/USB> Ethernet, USART, SPI, блоки цифро-аналогових и аналого-цифрових перетворювачів.

Для розробки елементів нашої системи було обрано контролер фірми Microchip Technology dsPIC33FJ256GP710A. Він має від 18 до 32 каналів 10 або 12 бітного АЦП в залежності від корпусу, до дев'яти 16 бітних таймерів загального призначення, два модуля інтерфейсу I2C, в контролер також вбудовані по два модулі SPI та UART, а також два модулі CAN інтерфейсу, це дозволить забезпечити просте під'єднання різноманітних зовнішніх засобів. 30 кБайт вбудованої енергонезалежної пам'яті забезпечать надійне зберігання важливої інформації.

Наступним кроком в розробці є ретельний вибір первинних вимірювальних перетворювачів для виміру температури та вологості, та засобів комунікації, провідних та безпроводних, між елементами системи, та передачі поточної і узагальненої інформації про стан об'єкту контролю обслуговуючому персоналу.

Література:

1. Балєв В.М., Свириденко М.Ю. Система моніторингу стану зерна в зерносховищах. Актуальні проблеми автоматики та приладобудування : матеріали 3-ї Міжнар.. наук.-техн. конф., 3-4 грудня 2020 р. / ред. кол.: П. О. Качанов [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" [та ін.]. – Харків : ФОП Панов А. М., 2020. – 156 с.

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РОБОТИ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРУ

Борисенко А.М., Кубрик Б.І. Лавріненко О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Проведення діагностики технічного стану циліндро-поршневої групи (ЦПГ) дизель-генератору (ДГ) передбачає обов'язкову експериментальну перевірку запропонованих діагностичних ознак, формування навчальних сукупностей, відповідних як умовно справному стану ЦПГ, так і у разі виходу з ладу одного або групи циліндрів, і, нарешті, побудову вирішальних правил по діагностиці та класифікації несправностей у циліндрах. У даній роботі зупинимося на питаннях експериментальної перевірки розроблених авторами діагностичних ознак.

За допомогою датчика кутових положень колінчастого валу ДГ типу ПДФ-3 і пристрою перетворення і введення даних під керуванням пакету програм у пам'ять мікроконтролера вводяться відліки кутових відміток $\{\theta_j, j = 1, \overline{1200}\}$, оскільки зазначений датчик виробляє 1200 відміток за один оборот валу. Далі здійснюється перехід від величин θ_j до величин ω_j та $\Delta\omega_j$. Таким чином, ω_j та $\Delta\omega_j$ – відповідно кутова швидкість валу і її приріст при цьому кутовому положенні валу.

За допомогою розробленого авторами пакету прикладних програм визначаються перші 16 коефіцієнтів ряду Фур'є і відповідні цим коефіцієнтам початкові фази. Результати цієї обробки представляються у вигляді амплітудно-частотних і фазо-частотних спектрів.

Оскільки досліджувана кутова швидкість валу ДГ є випадковим процесом, то ці спектри лише умовно можна назвати амплітудно-частотними і фазо-частотними характеристиками.

Для умовно справного 16-ти циліндрового ДГ базова гармоніка з'являється на частоті 132 Гц (частота обертання колінчастого валу ДГ становить 1000 об/хв). У більш низькочастотній області спостерігаються незначні, у порівнянні з основною гармонікою, флуктуації амплітуд практично усіх 15 субгармонік. Цей своєрідний «шумовий фон» субгармонік обумовлений нерівномірністю процесів, що відбуваються у працюючих циліндрах дизеля, нерівномірністю навантаження на валу дизеля, пов'язаної із роботою електричного генератору та другими факторами.

Запропонована методика успішно пройшла апробацію на ДГ типу Д70 на ДП «Завод імені В.О. Малишева».

МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Борисенко Є. А., Коваль О. М., Вевенко В. О., Бочарніков М. С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для студентів, які навчаються на спеціальностях, пов'язаних із вимірювальною технікою обов'язковим представляється знайомство із перетворювачами вимірювальної інформації. Під «знайомством» ми розуміємо набуття знань із під'єднання цих перетворювачів до вимірювальних систем як мінімум. У кращому випадку мається на увазі розробка вимірювального перетворювача за певним технічним завданням. Звичайно ми хочемо, щоб набуті знання були актуальними, тому ми ведемо мову про сполучення вимірювальних перетворювачів із мікроконтролером.

У [1] був обґрунтований вибір мікроконтролера STM32F373CCxx виробництва STMicroelectronics із лінійки F3. Це мікроконтролер у 48-виводному корпусі має вбудовані 12-розрядний та 16-розрядний АЦП, 12-розрядний ЦАП, пам'ять SRAM об'ємом 32 кБ та flash об'ємом 256 кБ, інтерфейси I2C, SPI, UART, USB, CAN. Він позиціонується виробником як такий, що призначений для вирішення саме вимірювальних задач.

Відомим є факт, що загальновживані вимірювальні перетворювачі можуть мати як цифровий, так і аналоговий інтерфейс для передачі інформації. Тому розроблюваний лабораторний комплекс пропонується оснастити декількома як цифровими, так і аналоговими портами.

Суттєвим фактором, який слід брати до уваги під час проектування лабораторного комплексу, це можливість дії на нього нетипових електричних сигналів (подача підвищеної напруги, інвертування полярності, перевантаження по струму). Це обумовлено досить різною і часто недостатньою кваліфікацією студентів, які ним користуються. І це є природнім, бо вони користуються ним задля того, щоб отримати знання і навички. Тому дуже важливою для вирішення представляється задача із захисту портів вводу-виводу мікроконтролера від дії електричних сигналів, параметри яких виходять за допустимі (вказані у технічній документації на МК) межі. Водночас важливим є те, щоб застосовані засоби захисту не спотворювали сигнал вимірювальної інформації і не погіршували метрологічних характеристик вимірювального каналу, до вони входять.

Література:

1. Вибір апаратної платформи для побудови лабораторного вимірювального комплексу / Борисенко Є.А., Коваль О.М, Вевенко В.О, Бочарніков М.С., Надточій Ю.М. // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. –Харків: НТУ «ХПІ», 2020. ISSN 2222-2944. – С. 8.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТОТИПУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІЗ ПРОСТОРОВО-ПЕРІОДИЧНОЮ СТРУКТУРОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Горкунов Б. М., Борисенко Є. А., Львов С. Г., Тополов І.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У [1] розглядалася експериментальна установка для дослідження характеристик вимірювального перетворювача з просторово-періодичною структурою поля, що застосовується під час вирішення оберненої задачі неруйнівного електромагнітного контролю – визначенні електрофізичних параметрів металевих об'єктів шляхом дослідження реакції поля на його появу. Розроблений перетворювач призначений для знаходження питомого опору та магнітної проникності матеріалу циліндричних металевих виробів. Вимірювальні обмотки розташовані на поверхні циліндру-каркасу, всередину якого поміщають досліджувані об'єкти. Для застосування розробленого у [2] математичного апарату важливим є дотримання геометрії під час виготовлення каркасу із закріпленими на ньому вимірювальними обмотками. Тому для оцінки дотримання геометрії розташування вимірювальних обмоток були проведені дослідження, результати яких наведені на рисунку. Метою досліджень є отримання залежності вихідної ЕРС кожної із 12 вимірювальних обмоток (ВО) під час їх повертання відносно обмотки збудження із кроком 30° при проведенні вимірювань на повітрі.

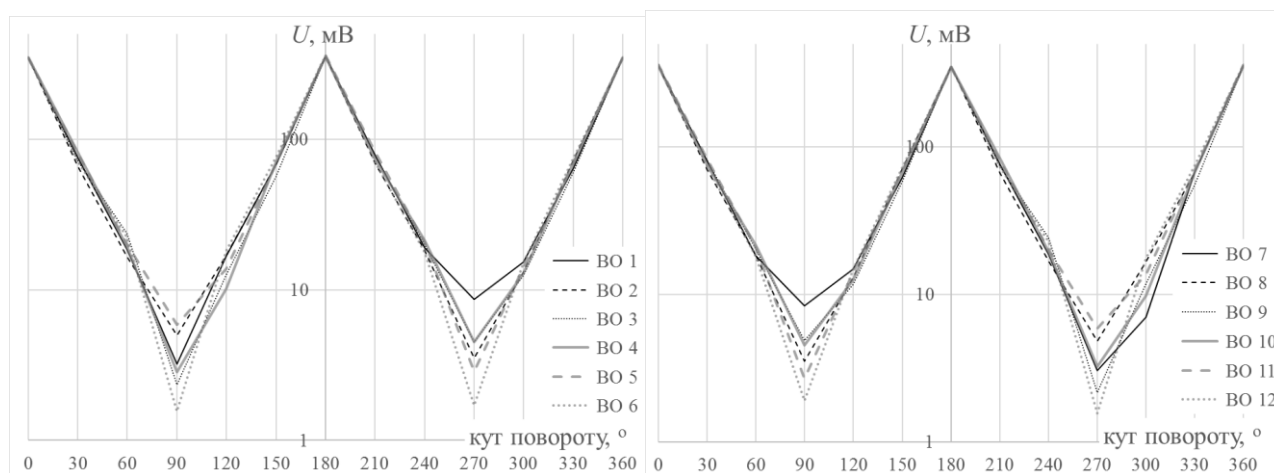


Рисунок 1

Отримані результати дозволяють обрати вимірювальні обмотки із найкращою просторовою симетрією вихідного сигналу та визначити поправочні коефіцієнти для деяких обмоток із суттєво нижчими значеннями напруги.

Література:

1. Experimental setup for studying the characteristics of a measuring transducer with a spatially periodic field structure / Gorkunov B. M., Borysenko Y. A., Topolov I. I., Lvov S. H. // Актуальні проблеми автоматики та приладобудування: матеріали Міжнарод. наук.-техн. конфер., 03-04 грудня 2020 р. / Є. І. Сокол (голова оргком.) – Х. : ФОП Панов А.М., 2020. – С. 110-111.
2. Горкунов Б. М., Тюпа И. В. Вихретоковый двухпараметровый контроль ферромагнитных цилиндрических изделий // Весник НТУ "ХПИ", Харьков. – № 5. – 2004. – С. 93–99.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КВАЗИОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК РАЗОМКНУТЫХ ОБРАЗЦОВ В СОЛЕНОИДАЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Горкунов Б.М., Львов С.Г., Ермилов Д.А., Попова А.В., Погорелов А.Д.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе рассмотрена методика восстановления квазиоднородных магнитных параметров и характеристик, стержневых ферро- и слабомагнитных образцов на основе полученных кривой магнитной индукции или намагниченности в слабом или значительном неоднородном магнитном поле соленоидальной катушки. Для подтверждения теоретических положений и методики проведены экспериментальные исследования, связанные с восстановлением квазиоднородных параметров и характеристик различных стержневых образцов.

Предложена схема установки, реализующая разработанную методику восстановления применительно к ферромагнитным образцам. Приводится последовательность процедур для экспериментального определения основной кривой магнитной индукции и петли гистерезиса ферромагнитных образцов в постоянном во времени магнитном поле.

Найдены соотношения для определения методической погрешности, обусловленной неоднородностью магнитного поля вдоль оси ферромагнитных образцов и нелинейностью кривых магнитной индукции и намагниченности. Эти соотношения позволяют перестроить экспериментальные магнитные характеристики в квазиоднородные кривые магнитной индукции и намагниченности, указанных образцов. Показано, что магнитная индукция материала ферромагнитного образца (сталь 9х18) максимально превышает магнитную индукцию образца (тела) из этого материала, более чем на 70 %.

Для слабоферромагнитных образцов отличие намагниченности материала образца от намагниченности тела (образца) весьма мало. К примеру, при использовании образцов из слабоферромагнитной нержавеющей стали относительная разница намагниченности материала от намагниченности тела (образца) не превышает 0,04 %.

Установлено, что при использовании ферромагнитных образцов, восстановление квазиоднородных параметров и характеристик возможно при значениях методических погрешностей, равных 10 – 12 %.

На основании соотношений, полученных в работе, проведены расчеты критических длин ферромагнитных образцов при фиксированных длинах соленоидальных катушек.

Показано, что, задавшись допустимым значением методической погрешности, можно определить критическую длину образца, которая при постоянной длине соленоида обеспечит на всех участках кривой магнитной индукции и намагниченности условие того, что методические погрешности не превысят заданную допустимую методическую погрешность.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Горкунов Б.М., Львов С.Г., Салиба Абдель Нур, Железняк О.А.

***Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков***

К настоящему времени большой практический интерес вызывает разработка и исследование электромагнитных методов и преобразователей для многопараметрового контроля материалов и изделий. Это связано с тем, что в выходных сигналах таких преобразователей содержится многопараметровая информация о магнитных, электрических и геометрических величинах. В литературе описана зависимость этих величин от механических параметров (твердость, прочность, механические напряжения, усилия, давления, веса грузов, моменты), наличия доминирующих примесей и др. Все это создает благоприятные условия для широкого использования электромагнитных преобразователей в автоматизированных информационно-измерительных системах. Особый интерес представляют собой электромагнитные преобразователи для контроля механических напряжений в металлических цилиндрических изделиях.

В работе рассмотрен электромагнитный метод и дано теоретическое описание работы трансформаторного электромагнитного преобразователя (ТЕМП) с цилиндрическим нагружаемым металлическим изделием в широком диапазоне изменения, как напряженности, так частоты зондирующего поля. Получены выражения, описывающие работу преобразователя при реализации амплитудного и фазового методов, физический смысл которых заключается в установлении зависимости ЭДС ТЭМП и ее фазы от механического напряжения.

Разработана схема включения преобразователя с нагружаемым изделием, реализующая амплитудный и фазовый методы контроля механических напряжений, с помощью которой можно компенсировать эффект влияния воздушного зазора, что позволяет повысить чувствительность преобразователя к механическим напряжениям.

Показано, что разработанные методы целесообразно использовать при измерении больших значений механических напряжений, кроме того, с помощью амплитудного и фазового метода можно оценить распределение механического напряжения внутри изделия. Описан переменного-частотный метод определения механического напряжения и работающий на его основе преобразователь, который позволяет получить высокую разрешающую способность в широком диапазоне изменения механического напряжения.

Одновременный контроль за изменением относительной магнитной проницаемости и удельной электропроводности дает возможность объединить в одном ТЭМП два физических эффекта: магнитоупругий и тензорезистивный, т.е. преобразователь может быть использован как для контроля механических напряжений ферромагнитных изделий, где преобладает изменение $\mu_r(\sigma_m)$, так и для слабо- и немагнитных материалов, где возникает тензорезистивный эффект.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКРУ ІЗ ЦУКРОВОГО БУРЯКА

Григоренко І. В., Корнієнко Д. О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Сучасна технологія виробництва цукру-піску з цукрових буряків та іншої цукросировини включає ряд хімічних, фізико-хімічних та фізичних способів переробки. За енергоємністю та вартістю паливно-енергетичного комплексу цукрове виробництво займає одне з перших місць у харчовій промисловості [1].

Необхідність розробки системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення цукру пов'язана з тим, що для отримання якісної продукції потрібно ретельно дотримуватися технології та режимів на кожному етапі виробництва, своєчасно контролювати основні параметри технологічного процесу, а це можливо лише за допомогою сучасної, високоточної системи контролю. Структурна схема системи контролю представлена на Рис. 1.

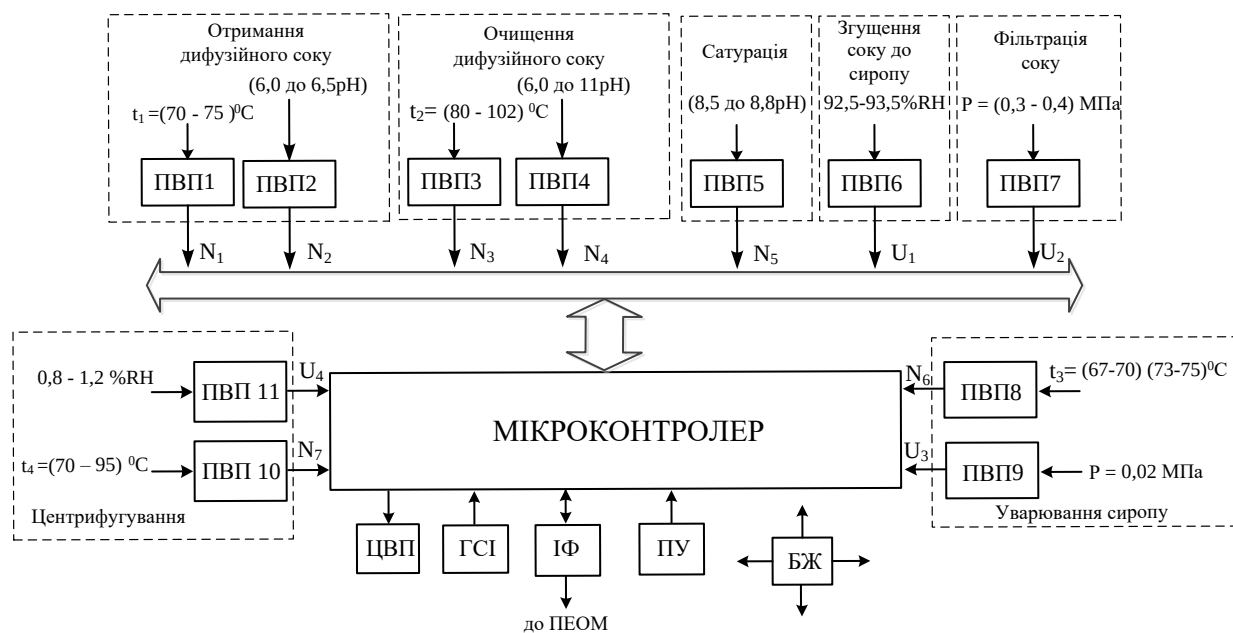


Рисунок 1 – Структурна схема системи контролю

До складу схеми входять: первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП): ПВП1, ПВП3, ПВП8, ПВП10 – призначені для контролю температури на різних етапах технологічного процесу; ПВП2, ПВП4, ПВП5 – призначені для контролю рівню рН, ПВП6, ПВП11 – призначений для контролю рівня вологості сировини % RH; ПВП7, ПВП9 – призначений для контролю тиску при виробництві цукру, а також: генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ), інтерфейс (ІФ), пульт управління (ПУ), блок живлення (БЖ), цифровий відліковий пристрій (ЦВП).

Література:

1 Технологія виготовлення цукру // <https://foodtechnology.pro/tehnologiya-vyrobnytstva-tsukru>.

ТЕНЗОМЕТРИЧНА МЕДИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ВАГИ

Григоренко С. М., Григоренко І. В., Красильник О. Г.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У роботі [1] обґрунтовано необхідність точного вимірювання та документування ваги хворих, що знаходяться у реанімаційному відділенні, бо від цього залежить вдале проведення курсу лікування. Важливе значення має точність вимірювання та реєстрації зміни ваги за певний проміжок часу. Оцінку зміни ваги необхідно проводити для хворих, що знаходяться на спеціальних ліжках, обладнаних додатковими пристроями.

Вимірювання ваги хворих у широких межах з урахуванням ваги додаткових пристроїв, що зв'язані з ліжком, змінює абсолютну похибку ваговимірювального пристрою. Наприклад, якщо ваговимірювальний пристрій має зведену похибку 0,2 % і вимірює вагу 150 кг, то абсолютна похибка складає $\pm 0,3$ кг, якщо вимірюється вага 100 кг, то абсолютна похибка складає $\pm 0,2$ кг. Така залежність похибки від ваги, ускладнює проведення курсу лікування. Зміну ваги хворого необхідно реєструвати з абсолютною похибкою, яка не перевищує 10 г, що відповідає зведеній похибки 0,005 %. Ця задача вирішена при використанні дворівневого вимірювального пристрою [2]. На першому рівні виконується компенсація ваги хворого разом з ліжком. На другому рівні виконується вимірювання зміни ваги. При цьому діапазон оцінки зміни ваги встановлюється не в співвідношенні з вагою хворого, а в співвідношенні з прийнятим курсом лікування. Наприклад, діапазон зміни ваги складає 4 кг, тоді при точності вимірювання навіть 1 %, абсолютна похибка становить $\pm 0,04$ кг, що у п'ять разів точніше за результату, що отриманий при однорівневому вимірюванні [1].

На відміну від розглянутого рішення пропонується для контролю балансу ваги хворого використовувати однорівневу тензометричну систему [3]. Висока точність стеження за зміною ваги досягається завдяки використанню датчика ваги К-Б-12А, який конструктивно являє собою консольну балку, що перетворює механічну деформацію зсуву. Клас точності такого датчика 0,02 %.

Література:

1 Григоренко, І. В. Розвиток тестових методів підвищення точності електричних компенсаційних вимірювальних перетворювачів у динамічних режимах [Текст]: дис. канд. техн. наук / І. В. Григоренко. – Харків, 2010. – 224 с.

2 Пат. u2009 04833 Україна, МПК G 01 G3/00. Медична система контролю балансу ваги / І. В. Григоренко, С. І. Кондрашов, М. М. Велигоцький, О. В. Горбуліч; заявник і патентовласник НТУ «ХПІ». – № 47682; заявлено 18.05.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4 (2010).

3 Григоренко І. В. Розробка та дослідження медичної системи контролю ваги / І. В. Григоренко, С. М. Григоренко, О. В. Жук, О. Г. Красильник // III Міжнародна науково-технічна конференція: Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – С. 92, 93.

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Григоренко С.М., Жук О.В., Григоренко І.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На даний час неінвазивний і оперативний контроль стану біологічних об'єктів, заснований на контролі показників температури, є одним з ключових моментів діагностики. Особливо це актуально в місцях скупчення групи біологічних об'єктів. Даний вид діагностики, заснований на дистанційному моніторингу показників температури, набирає свою популярність. Особливо широкого поширення набули системи з застосуванням оператора, який направляє промінь камери пірометра або тепловізора на досліджуваний об'єкт [1]. У роботі [2] зазначено, що контроль параметрів температури біологічних об'єктів є одним із основних параметрів неінвазивного експрес-аналізу стану біологічного об'єкта. У разі застосування оператора в даній системі, є ризик зараження оператора, а також існує похибка оператора. У системі контролю, що розробляється, пропонується відійти від безпосереднього наближення оператора до об'єкта контролю. Система дистанційного моніторингу біологічних об'єктів будуватися на базі безпілотного літального апарату типу мультикоптер.

Подальша обробка отриманих даних системою контролю передбачає визначення групи об'єктів, розпізнавання окремого об'єкта та здійснення його теплового контролю. Висунуто припущення, що результати вимірювань температури повинні бути корельовані, оскільки датчик і об'єкт знаходяться у одному середовищі. Загальними джерелами впливу на результати вимірювань температур є нестабільність параметрів датчиків, оптична забрудненість простору поряд з вимірюваним об'єктом, а також можливі рухи біологічного об'єкта.

Завдання системи контролю – виключити наявність оператора для вимірювань, підвищити точність вимірюваних показників, створити діагностичну систему, яка буде застосовуватися в агресивному середовищі, де існує безліч чинників, що заважають проведення вимірювань.

Література:

1. Скрипаль А.В., Сагайдачный А.А., Усанов Д.А. Тепловизионная биомедицинская диагностика: Учеб. пособие для студ. фак. нано– и биомед. технологий, обучающихся по спец. «Медицинская физика» и направлению «Биомедицинская инженерия». – Саратов. 2009. –118 с.: ил.
2. Григоренко С. М. Аналіз проблем теплового контролю біологічних об'єктів / С. М. Григоренко, І. В. Григоренко, О. В. Жук // XIV Міжнародна науково-практична конференція магістрів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених». – Харків: НТУ «ХПІ», 2020 .– С. 135, 136.

ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ

Григоренко С.М., Міщанов А.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В процесі виробництва приводів (електродвигунів), різного роду датчиків виникає необхідність виготовлення деталей складної форми, що пов'язане з їх механічною обробкою шляхом точіння або штампування. У процесі механічної обробки заготовок деталей з електротехнічних сталей і сплавів, як правило, погіршуються їх параметри, пов'язані з магнітними властивостями матеріалу, обумовлені в відповідній нормативній документації на матеріал. Такими основними нормованими параметрами для різних матеріалів є: магнітна індукція технічного насичення (B_s); залишкова магнітна індукція (B_r); магнітна індукція в постійних магнітних полях напруженістю (B_H); абсолютна початкова магнітна проникність ($\mu_{нач}$) і максимальна магнітна проникність (μ_{max}); коерцитивної сила матеріалу речовини (H_c). Погіршення перелічених магнітних параметрів магнітом'яких матеріалів, з яких згодом виготовляють магнітопроводи приводів і датчиків приводить до зниження вихідних характеристик готового виробу і, як наслідок, до невідповідності готової продукції вимогам споживача або технічним умовам.

Методика проведення вимірювань при визначенні статичних магнітних характеристик для відповідності магнітним властивостям електротехнічних сталей і сплавів в доданих до зразка-свідка постійних магнітних полях описана в [1]. Норми оцінки якості застосовуваних магнітом'яких матеріалів і сплавів за відповідними магнітними властивостями наведені в [2]. Магнітні властивості сплавів, що визначенні на контрольних зразках після їх обробки, повинні відповідати встановленим нормованим магнітним величинам у [2] згідно з маркою сплаву та видом продукції. На установці для випробування магнітних магнітом'яких матеріалів і сплавів основним вимірювальним приладом є мікровеберметр. В якості допоміжного обладнання використовують: джерело живлення постійного струму; амперметр; комутатор постійного струму, що складається з вимикача (для зміни напрямку постійного струму, що протікає в намагнічувальній обмотці), резисторів різних номіналів (для завдання величини постійного струму, що протікає в намагнічувальній обмотці) і вимикача для вимірювання величини коерцитивної сили досліджуваного матеріалу.

У роботі пропонується проводити обробку отриманих результатів вимірювань за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Література:

1. ГОСТ 8.377-80 Государственная система обеспечения единства измерений. Материалы магнитомягкие. Методики выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик.
2. ГОСТ 10160-75 Сплавы прецизионные магнитомягкие. Технические условия.

РЕНТГЕНОГРАФІЯ ЗВАРНИХ ШВІВ ТРУБОПРОВОДІВ

Григоренко С.М., Подорожко О.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Метод радіографічного контролю проводять для зварних з'єднань з металів та їх сплавів, що виконані зварюванням плавленням, з товщиною зварювання від 1 до 400 мм, із застосуванням рентгенівського або гамма-випромінювань, а також із використанням радіографічної плівки [1]. Найбільш широко розповсюджений в промисловості радіографічний метод неруйнівного контролю на радіографічну плівку завдяки його простоті та документальним підтвердженням отриманих результатів, а також наявності нормативної бази. Рентгенографічний контроль застосовують для виявлення в зварних з'єднаннях тріщин, непроварів, пор, шлакових, вольфрамових, окисних і інших включень.

Мета роботи – проведення рентгенографічного контролю кількох зразків зварних швів трубопроводів для АЕС у лабораторних умовах підприємства, оцінка отриманих результатів і надання висновків щодо доцільності використання методу. Технологічний процес рентгенографічного контролю було розбито на чотири етапи: підготовка до зйомки; зйомка; хімічна обробка рентгенівської плівки; розшифровка рентгенограми. Проводились випробування стаціонарним кабельним рентгенівським апаратом YXLON, який має: максимальну напругу 100 – 450 кВ; височайшу стабільність і точність вихідних параметрів; запис, зберігання і виконання 100 експозиційних програм; розвитку самодіагностику та ін. Рекомендована плівка є FOMA INDUX R4 або її аналог AGFA STRUCTURIX NIF D4 в упаковці Pb вакупак із свинцевими посилюючими екранами товщиною 0,027 мм та герметичною упаковкою. Напруга на рентгенівській трубці встановлюється в залежності від товщини просвічує матеріалу технічною документацією узгодженої зі стороною замовником. У роботі проводились дослідження труб діаметром від 53 мм і мінімальною номінальною товщиною стінки 2 мм до труб з максимальним діаметром 930 мм й максимальною товщиною стінки 30 мм. Радіографія зварних з'єднань проводиться через одну стінку, за винятком випадків, коли це технічно неможливо. Технічна неможливість узгоджується з головною матеріалознавчою організацією. Чутливість контролю встановлюється з радіаційною товщиною, яка визначається з [2]. Таким чином, у лабораторних умовах підприємства за допомогою рентгенографічного контролю з високою точністю за допомогою програмного забезпечення проводиться контроль зварних з'єднань в умовах виробництва і надаються послуги контролю трубопроводів.

Література:

1. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиграфический метод.
2. ПНАЭГ-7-010-89 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля.

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ПОХИБКИ ДІЕЛЬКОМЕТРИЧНИХ ВОЛОГОМІРІВ ВІД ВПЛИВУ МЕРЕЖОВОЇ ЧАСТОТИ

Гунбін М.В., Кордюмов О.І., Лунін Д.О., Гайдаш А.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Діелькометричні вологоміри засновані на двох фізичних принципах: вимірі ємності датчика, діелектрична проникність якого залежить від вологості вимірюваної речовини; друга група має індуктивний чутливий елемент, енергія електромагнітного поля якого залежить від вологості вимірюваної речовини, тобто змінюється добротність LC-контур.

Існують різноманітні схемні і конструктивні рішення діелькометричних вологомірів. Всі вони мають свою сферу застосування, свої переваги і недоліки.

Авторами запропоновані варіанти діелькометричних вологомірів з індуктивними датчиками.

Одним з джерел похибок цих вологомірів є мережеві наведення. Сама котушка індуктивного датчика є приймачем мережових наведень.

Для приладів з мережевим живленням ці наведення враховуються при градуюванні. Для переносних вологомірів з живленням від гальванічних елементів необхідно враховувати ступінь впливу мережових наведень. В ході проведення експериментальних досліджень були запропоновані наступні методи їх обліку.

1. Розташування вимірюваної речовини в заземлену екрановану ємність (наприклад, металеве відро);

2. Відсутність контакту під час вимірювання між приладом та людиною, так як людина виступає як додаткова антена для наведень на прилад. З цією метою процес вимірювання відбувається із затримкою 2-3 секунди після натискання на кнопку вимірювання. За цей час необхідно прибрати контакт між людиною і приладом;

3. Наявність в пристроях каналу вимірювання амплітуди наведень. Він містить: антену, фільтр нижніх частот, компаратор. На виході компаратора з'являється сигнал, шпаруватість якого пропорційна амплітуді мережових наведень, які враховуються під час градуювання.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО

Джафаров Р.Н., Григоренко І.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Контроль технологічного процесу виробництва є одним із основних засобів запобігання випуску нестандартної продукції, зміцнення технологічної дисципліни, зниження затрат і втрат на всіх стадіях виробництва [1]. Контроль технологічного процесу включає перевірку виконання рецептур, додержання технологічного режиму приготування напівфабрикатів за вологістю у діапазоні 0...100 %, кислотністю 2,5 – 7,5 од. рН, температурою від + 26 °С до + 250 °С на всіх етапах, а також контроль тривалості бродіння та вистоювання, правильність укладання і зберігання готових виробів [2]. Технологічна схема системи контролю представлена на Рис. 1.

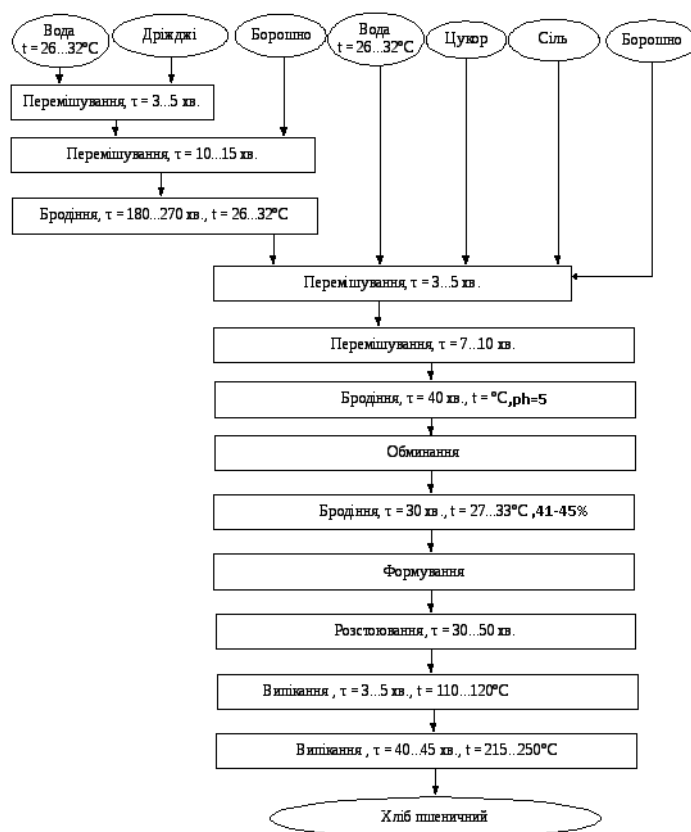


Рисунок 1 –Технологічна схема системи контролю

Температура води та при бродінні контролюється напівпровідниковими датчиками, а при випіканні – термопарою ТХА.

Література:

1. Бондар І.П. Розроблення технології хліба з борошняних сумішей підвищеної харчової цінності: Дис. канд. техн. наук: 05.18.01 / Національний ун-т харчових технологій. - К., 2003.
2. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: Підруч. для учнів проф. техн. навч. закл. - К. : Техніка, 2006.

LSA-АЛГОРИТМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ

Дудник А.В., Евсина Н.А.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

К числу вспомогательных задач, решаемых при построении сложных систем управления и систем поддержки принятия решений, относятся задачи анализа текстов. Среди них кластеризация, выбраковка «синтезированных» текстов и т.п. Для этих целей широко применяются алгоритмы латентно-семантического анализа (LSA). В [1] предложен LSA-алгоритм, использующий сингулярное разложение предварительно преобразованного корпуса текстов. В данной работе продолжены исследования и модификация алгоритма, начатые в [2].

Из 10 текстов, каждый величиной до 1000 слов, после предварительной обработки, была сформирована матрица размерностью 3378x10, содержащая вес каждого слова в соответствующем тексте. Подвергнув её сингулярному разложению, получили три матрицы, смысл которых интерпретируется следующим образом: темы текстов (матрица разложения), слова и темы, тексты и темы. Матрица текстов и тем имеет размерность 10x10, т.е. предполагается, что каждый текст посвящён одной основной теме, но также содержит дополнительные темы, характеризующиеся меньшим весовым значением. Это предположение подтверждается результатом разложения: в каждом столбце матрицы — для каждого текста — есть своё максимальное значение, которое также является максимумом в соответствующей строке — для каждой темы.

Если принять за оси координатной плоскости две темы и разместить на этой плоскости тексты пропорционально их тематическим весам, то большая часть текстов сформирует облако вблизи начала координат — это тексты, в которых данные темы представлены слабо. Два текста, имеющие максимальные веса для одной из выбранных тем, будут наиболее удалены от начала координат, имея смещение к оси основной темы. Также будет заметно 1-3 текста, которые дистанцируются от «нулевого» облака, в то же время их весовые значения существенно меньше максимума — это тексты, в которых данные темы имеют второстепенное значение. Для анализа следует выбирать темы, сингулярное число которых наибольшее.

Исследования были выполнены в среде MATLAB. Дальнейшие исследования ориентированы на предварительную обработку текстов.

Литература:

1. Алгоритм LSA для поиска похожих документов. // [Электронный ресурс] – URL: <https://netpeak.net/ru/blog/algorithm-lsa-dlya-poiska-pohozhih-dokumentov/>
2. Дудник А.В. Модуль предварительного анализа текстов / А.В. Дудник, Н.А. Евсина, Е.В. Клевцова / Актуальні проблеми автоматизації та приладобудування: матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції 3-4 грудня 2020 – Харків: ФОП Панов А.М., 2020, с. 13-14.

РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ MATLAB-МОДЕЛІ SMART-GRID СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ІНСТИТУТУ ІОНОСФЕРИ

Євсєнко О.М., Левон О.О., Гапон А.І., Козлов С.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Інститут іоносфери є одним з найбільших у світі наукових центрів, який здійснює дослідження в галузі фізики навколоземного космічного простору і сонячно-земних зв'язків. Місячна витрата енергії для проведення двох експериментів з дослідження іонізованої частини повітря становить 33.9 МВт.

Для економії електроенергії розглядається можливість заміни частини електричної енергії на енергію, отриману від альтернативних джерел енергії, наприклад, сонячну із створенням розумної енергосистеми Smart grid [1].

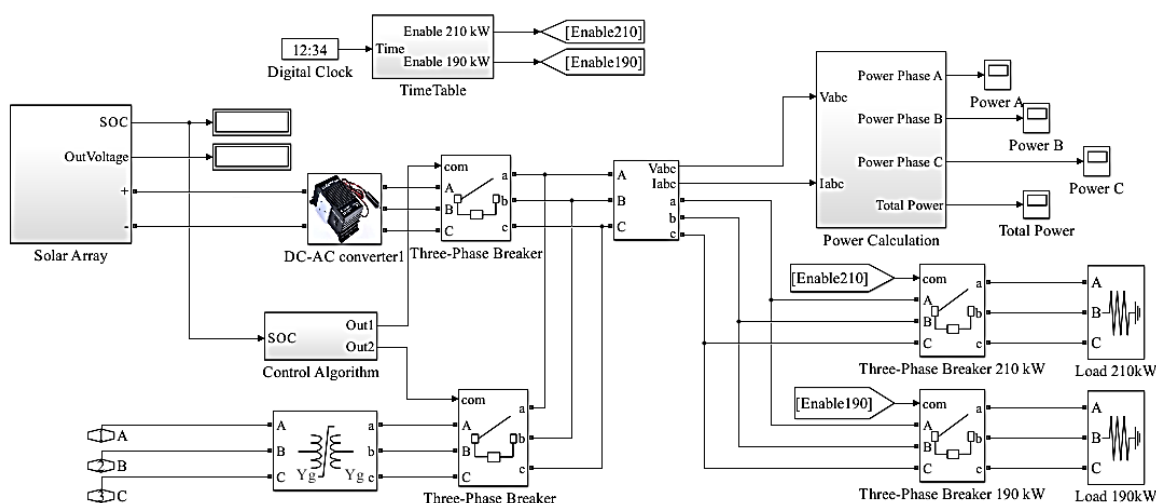


Рисунок 1 – Структурна схема керування мікрокліматом овочесховища

Розроблена Matlab-модель SMART-GRID системи електропостачання для Інституту іоносфери (рис. 1) складається з блоку сонячних панелей та акумуляторів, перетворювача, навантаження, розрахунку спожитої потужності, алгоритму підключення навантаження за розкладом роботи.

Проведено моделювання роботи виконавчих пристроїв Інституту іоносфери. Накопичення енергії сонця в акумуляторі відбувалося для забезпечення роботи передавачів сумарною потужністю 400 кВт·г. За розрахунками, для використання передавачів необхідно, щоб в акумуляторі було накопичено 7.76 МВт енергії до часу проведення експерименту. Для цього знадобилося 600 сонячних панелей потужністю 250 Вт кожна.

Отримані результати моделювання підтвердили зроблені теоретичні висновки: за 12 днів до початку експерименту йде накопичення енергії в акумуляторі, а в період проведення експерименту йде її витрата.

Література:

1. Development and simulation of the Institute of ionosphere measuring complex energy consumption / A. Gapon, O. Grib, S. Kozlov, O. Yevseienko, O. Levon // Світлотехніка та електроенергетика. – 2020. – Вип. 58, № 2. – С. 73–77.

ЧУТЛИВІСТЬ ОПТИМАЛЬНИХ УПРАВЛІНЬ В ЛІНІЙНІЙ СИСТЕМІ ДО ЗМІН ПАРАМЕТРІВ

Євсіна Н.О., Ліберг І.Г., Гапон А.І., Дудник О.В., Євсін Г.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Задачі аналізу та синтезу робастно-стійких та робастно-оптимальних систем управління безпосередньо пов'язані з проблемою оцінки чутливості управління, траєкторії руху та функціоналу якості до змін параметрів відповідних частин системи. Спочатку вирішується завдання оптимізації функціоналу без урахування зміни параметрів, а потім досліджується вплив цих змін на закон управління і траєкторію руху.

Аналізується лінійна стаціонарна система управління етапу пропарювання, описувана векторним рівнянням

$$\dot{\bar{x}}(t) = A\bar{x}(t) + B\bar{u}(t), \quad (1)$$

де $A - n \times n$ матриця, $B - m \times n$ ($m \leq n$), $\bar{x}(t)$ та $\bar{u}(t)$ – вектор - стовпці відповідної розмірності.

Потрібно визначити управління, яке мінімізує квадратичний критерій якості

$$J = \int_0^{\infty} (\bar{x}^T Q \bar{x} + \bar{u}^T R \bar{u}) dt, \quad (2)$$

де $Q (n \times n)$ та $R (m \times m)$ – позитивно певні матриці, що не залежать від часу.

Відомо, що оптимальне управління при цьому має вигляд:

$$\bar{u}_{opt} = -R^{-1} B^T P \bar{x} = -K \bar{x}, \quad (3)$$

де P – симетрична, позитивно певна матриця з постійними коефіцієнтами, що визначається з матричного алгебраїчного рівняння Ріккати

$$PBR^{-1}B^T - A^T P - PA - Q = 0. \quad (4)$$

Визначають мінімальне значення функціоналу (3) $J_{min} = (\bar{x}^T P \bar{x})|_{t=0}$. Якщо зміни параметрів вважати досить малими, то для визначення чутливості закону управління обмежуються лінійними членами розкладання.

Доведено, що при деяких поєднаннях змін параметрів в матрицях системи A і B оптимальний закон залишається колишнім або, принаймні, мало відрізняється від номінального. Розглянуто метод одночасної оцінки чутливості функціоналу та чутливості траєкторії на прикладі стаціонарної автономної системи першого порядку. Знайдена залежність пов'язує функцію чутливості функціоналу з функціями чутливості оптимального керування та оптимальної траєкторії, що дозволяє в кожному конкретному випадку оцінювати вплив зміни параметрів технологічного процесу на величину показника якості і на можливі помилки виконання технічного завдання.

МЕТОДИ АНАЛІЗУ КОРЕКТНОСТІ ГРАФОВИХ МОДЕЛЕЙ КЕРУЮЧИХ АВТОМАТІВ

Качанов П.О., Мірошник А.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Проблема надійності є дуже важливою для сучасних технічних систем керування. Ускладнення цих систем є прямим наслідком постійно зростаючої відповідальності, складності і різноманіття виконуваних ними функцій. З цього можна зробити висновок, що ускладнення технічних систем може також привести до зростання можливості виникнення помилок. І саме тому пошук помилок стає все більш актуальним [1].

В [2] було доведено, що функція умов переходів є несуперечливою і повною, якщо вона ортогональна. Поняття ортогональності використовується при аналізі надійності технічних систем, для декомпозиції логічних функцій при синтезі цифрових схем [3], та при перевірці графових моделей на коректність [4]. При перевірці синтаксичної коректності граф переходів перевіряється на досяжність, повноту, несуперечність, відсутність генеруючих контурів, тощо [4].

Системи моделювання та автоматизованого синтезу, в силу особливостей своєї роботи, не фіксують суперечливих умов переходів графів або переходів автоматів на етапі перевірки синтаксису, на етапі моделювання вони також можуть залишитися непоміченими і тільки після автоматизованого синтезу виявляються проблеми. Це не досконало, саме тому перевірка коректності умов переходів повинна проводитися ще на етапі побудови моделі графу автомата [1].

Метою доповіді є розробка методу аналізу помилок в умовах переходів станів у графових моделях керуючих автоматів, заснованого на властивості ортогональності функції умов переходів зі стану, який аналізується.

В доповіді розроблено моделі опису коректних умов переходів, проведено аналіз усіх можливих типів помилок у ортогональних логічних функціях, проведено аналіз формальних ознак помилок умов переходів у графових моделях керуючих автоматів, знайдено закономірності при виявленні помилок та їх структурування, розроблено та протестовано метод пошуку помилок.

Література:

1. Е. М. Кулак Метод пошуку помилок в умовах переходів графових моделей керуючих автоматів / Е. М. Кулак, О.О. Погудін, Г.К. Кулак// Проблеми інформатизації. – 2020. – №2. – С. 53.
2. Закревский А.Д., Логические основы проектирования дискретных устройств / А.Д. Закревский, Ю.В. Поттосин, Л.Д. Черемисинова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 592 с.
3. Шалыто А.А. SWITCH-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления / А.А. Шалыто. – СПб.: Наука, 1998. – 628 с.
4. Шкіль, О. С. Аналіз коректності графів переходів керуючих автоматів при побудові hdl-моделей для автоматизованого синтезу / О. С. Шкіль, Е. М. Кулак, І. В. Філіппенко, О. Г. Шакура, В. В. Фоменко // Радиоэлектроника и информатика. – 2019. – №1 [84]. – С. 28-34.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO В МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ОБ'ЄКТАХ ПРОМИСЛОВОСТІ.

Качанов П.О. Пивоваров А.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В наш час, в Україні, багато малих та середніх підприємств, на яких механічна складова обладнання має, хоча і застарілий, але все ще високий рівень відповідності сучасним вимогам надійності, швидкості, тощо. Але зовсім протилежна ситуація з електронними засобами керування та автоматизації на цьому обладнанні. Обумовлено це багатьма факторами, серед яких основні - економічні. Тому розробка та використання систем управління обладнання, прототипування та тестування яких не буде мати великих бюджетів, та ще більш ускладнювати економічну ситуацію виробництв – одна з найголовніших задач сучасних українських інженерів. Саме тому треба звернути увагу на найбільш розповсюджену та бюджетну платформу розробки – Arduino, яка, початку і використовується як навчальна платформа, але із величезними темпами розвитку, багатомільйонною аудиторією користувачів та завдяки підтримці передових цифрових корпорацій вже розвинула свою матеріально-технічну базу до масштабів, які можуть задовольнити потреби майже будь-якої складності. Також, вирішені багато типових проблем із цією платформою, які ще 5 років тому заважали її впровадженню в технологічні процеси.

По-перше, проблема багатозадачності. Завдяки використанню IDE обгортки, яка спростила програмний код, ускладнився доступ до регістрів та знизилась безпосередня швидкість. Але з'явилися спеціальні бібліотеки таймерів(без delay – зупинок) які вирішують проблеми паралельного використання входів/виходів, а також прискорення типових задач зчитування/запису сигналів з портів.

По-друге, поява багатьох сторонніх сервісів, як, наприклад, ArduinoMegaServer, які дозволяють проектувати системи із веб інтерфейсом, тощо.

По-третє, розширення лінійки плат, які використовують потужніші процесори, аніж AVR(16МГц), а саме ARM Cortex-M0(48МГц), ESP8266(wifi supp), Intel x86 (Quark 400МГц). Усе це із збереженням доступності та простоти, та зі збільшенням швидкості роботи для багатофункціональності.

Все вищезазначене – лише невеликий перелік недоліків та удосконалень, але це може бути достатньою підставою для промислового використання платформи, задля простоти та швидкості розробки, та зі збереженням бюджетних витрат.

Література:

1. Веб-сторінка «<https://www.arduino.cc/>»
2. Веб-сторінка «<https://www. http://wikihandbk.com/>»

ВИКОРИСТАННЯ ARDUINO В ФАХОВІЙ ПЕРЕДВИЩІЙ ОСВІТІ

Колісник О.О. Тищенко І.В.

***ВСП «Харківський комп'ютерно-технологічний
фаховий коледж НТУ«ХПІ», м. Харків***

За останні роки робототехніка стала одним з найбільш затребуваних напрямків, де Arduino займає одне з перших місць при проектуванні. При використанні Arduino використовуються будь-які електронні компоненти, можна збирати не тільки навчальні схеми і роботів, але і пристрої для практичного використання: пристрої стеження, сигналізації, автоматизації, управління. Заняття з Arduino – напрямок суто технічний. Це перш за все інформатика, програмування, електрика, елементи схемотехніки, робота як мінімум з викруткою і плоскогубцями, а десь і зі свердлом і паяльником.

В Arduino використовується текстова середовище з мовою C++. Класичне програмування зі змінними, функціями, циклами і т.д. Фірмових модулів Arduino майже не існує. Стандартів і готових блоків теж немає. Для простих схем досить проводів і електричних деталей. Для складання складних моделей багато доводиться продумувати і робити самому. Схема збирається зі звичайних електронних деталей і проводів з використанням макетної плати. Потрібно розуміти як йде електричний струм, не плутати "плюс" і "мінус", не допускати короткого замикання. У сфері застосування обмежень не має, можна вивчати схемотехніку і електроніку, управління побутовими пристроями, конструювання роботів. Надійність конструкцій і відтворюваність результатів залежить від використання комплектуючих і досвідченості збирача, складні конструкції можуть бути ненадійні, а результати можуть бути нестабільні.

Використання Arduino в освітньому процесі потребує значної підготовки від педагога, а від учня – серйозної мотивації і терпіння, але в той же час в процесі навчання в учня напрацьовуються знання в області електроніки, навички конструювання, програмування, вміння справлятися з позазататними ситуаціями. Вимагає наявності педагога зі знанням основ електроніки, інформатики, програмування, роботи з різними матеріалами і інструментами. Можлива співпраця між двома педагогами для поділу програми на навчання програмування і конструювання.

Витрати на обладнання на початковому етапі невеликі (за умови наявності комп'ютера, на якому можна використовувати симулятор Arduino), однак підбір оптимального устаткування може виявитися непростим завданням. Для серйозних результатів бажано мати майстерню, з мінімальним обладнанням.

При роботі з Arduino активно працюють міжпредметні зв'язки, так як актуалізуються знання в галузі інформатики, фізики, математики, технології. Заняття на Arduino дають знання в області реальної електроніки, схемотехніки, програмування на C ++. Так само створення власного проекту допомагає в подальшому перейти до самостійної роботи, таким чином заняття мають профорієнтаційне значення.

ПОКРАЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТЕСТОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Кондрашов С.І., Павлова Н.М.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Забезпечення необхідної точності вимірювань, які виконуються на різних стадіях виробництва, реалізації процесу роботи об'єкта системи є однією з головних задач метрологічної служби будь-якого підприємства, що виробляє продукцію або виконує задану роботу. В умовах жорсткої конкуренції за лідерство на ринку зростають вимоги до якості продукції, що випускається, ефективності виконання роботи, вихідних показників об'єкта управління і гостро постає питання про підвищення точності вимірювань.

В даний час використовуються різні методи [1-3], способи [4] підвищення точності вимірювань. Особливо важливо рішення задачі контролю точності вимірювань і подальшої її корекції особливо в динамічному режимі, тобто в ході здійснення вимірювань. Тому сьогодні в сучасних системах управління пропонується впровадження в інформаційно-вимірювальну систему метрологічного спостерігача [3], який здійснює контроль динамічних характеристик вимірювальних каналів в автоматичному режимі і своєчасно реагує на граничні відхилення похибки вимірюваних сигналів і таким чином забезпечує підвищення якості використовуваної системи вимірювань.

У роботі пропонується використання додаткових пристроїв на вході сигналу на лінію зв'язку вимірювального каналу і після неї. Таке рішення незначно ускладнює схему вимірів і вартість її модернізації, не вимагає складного налагодження.

Теоретичні дослідження розглянутого модернізованого каналу інформаційно-вимірювальної системи показали можливість зменшення похибки вимірювання в K -раз. Значення K визначається параметрами пропонованих пристроїв і залежать від параметрів вимірюваного сигналу, вимог до точності вимірювання та ін.

За результатами роботи підготовлені матеріали заявки на винахід.

Література:

1. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. – International Organization for Standardization, 1993.
2. Вегер В. Информация об измеряемой величине как основа формирования функции плотности вероятности // Измерительная техника. – 2003. – № 9. – С. 3-9.
3. Кондрашов С.І. Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2004. – 224 с.
4. Патент на винахід 86669. Спосіб формування тестових сигналів для контролю динамічних характеристик вимірювальних каналів. Автори *Кондрашов С.І., Григоренко І.В., Чернишова К.К.* Опубл. Бюл. №9, 2009.

СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ЧОТИРИПОЛЮСНИКА У 1950-ТІ РР. В УКРАЇНІ

Лавріненко О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Загальна теорія чотириполюсника виникла та отримала значний розвиток на початку 1950-х рр. у зв'язку із стрімким становленням приладобудування, радіотехніки та автоматики. Застосування електротехнічних пристроїв, які мали у своєму складі дві пари полюсів, за допомогою яких вони поєднувались з іншими ділянками складного електричного кола, тобто були представлені у вигляді декількох послідовно з'єднаних чотириполюсників, потребувало створення теоретично обґрунтованої загальної теорії кіл, які складалися із багатополюсних елементів. Виокремлення та становлення основних положень загальної теорії чотириполюсника стало науковим надбанням видатних українських вчених в галузі теоретичної електротехніки: Е.В. Зеляха, Г.Є. Пухова, Ю.Т. Величка, Б.І. Блажкевича та В.П. Сигорського.

Початком теоретичного обґрунтування загальної теорії чотириполюсника слід вважати використання Е.В. Зеляхом у своїй науковій роботі класичної теорії багатополюсників для розрахунку кіл, які складалися із повільно підключених чотириполюсників.

Подальший розвиток теорії продовжив у своїх працях видатний електротехнік Г.Є. Пухов. Вченим було обґрунтовано систему послідовного підключення чотириполюсників, як систему із трьома ступенями свободи, яка могла бути описана системою з трьох незалежних рівнянь.

Ю.Т. Величко у своїй теоретичній роботі досліджував питання визначення комплексних частотних та операторних характеристик прохідного чотириполюсника, а також питання знаходження параметрів невизначених матриць опору та провідності чотириполюсника.

Б.І. Блажкевич розробив топологічні методи аналізу лінійних електричних кіл, використовуючи прикладні викладки теорії орієнтованих графів, а саме метод синтезу RLC-кіл з керованими елементами. Запропонував нові методи аналізу електричних кіл на основі базисних величин, міжвузлової напруги, канонічних параметрів та методу додаткового диференціювання.

В.П. Сигорським було виокремлено методику визначення параметрів, розрахунку сполучень та полюсних перетворень чотириполюсника. Також у наукових роботах вченого зроблено узагальнення методу контурних струмів та методу вузлових потенціалів для розрахунку електричних кіл на базі чотириполюсників.

Практичним результатом застосування теоретичних викладок загальної теорії чотириполюсника стало її всебічне використання при аналізі роботи каналів передачі інформації та ліній зв'язку, радіотехнічних та вимірювальних схем, довгих ліній, електротехнічних кіл регулювання параметрів генераторів та електричних машин.

СТАРТЕРНА СИСТЕМА ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ БПЛА

Лисенко В.В., Савицький О.Ю.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

БПЛА (безпілотні літальні апарати) вже сьогодні є важливим сегментом світового ринку, що стрімко розвивається. І цей сегмент знаходить застосування в абсолютно різних сферах науки і галузях промисловості.

Згідно досліджень Всесвітньої організації безпілотних систем (The Organization for Unmanned Vehicle Systems Worldwide) тільки в сільському господарстві загальна економічна ефективність використання БПЛА у 2025 році складе біля \$82 млрд.

Виконання функцій транспортування значного навантаження, збільшення тривалості і дальності польоту потребує великої енергоефективності силової частини БПЛА. Сучасні АКБ і пов'язані з ними електричні двигуни не в повній мірі відповідають всім цим вимогам, тому розглядається можливість створення літального апарата – коптера з двигунами внутрішнього згоряння, які будуть основними елементами силової частини БПЛА загального призначення.

У результаті аналізу характеристик і складу діючих аналогів відповідно технічним вимогам до стартерної системи, був створений власний варіант автоматизованої стартерної системи на базі мікропроцесорного контролера управління (МКУ).

МКУ забезпечує ручний або автоматизований стартерний запуск чотирьох ДВЗ зі стартерами типу HJX42RH13.7 (24 В) і системою запалення CDI Model:A-02.

МКУ вимірює частоту обертів двигунів по сигналам датчиків Холла з систем запалення в діапазоні від 0 до 8000 обертів на хвилину, з абсолютною похибкою не більше 30 об/хв. Час вимірювання – 1 секунда.

Для контролю напруги живлення в МКУ застосовується цифрова 3-х розрядна індикація напруги живлення МКУ, стартерів, системи запалення.

При автоматизованому режимі запуску МКУ забезпечує виконання передстартової і стартової циклограм з проведенням контролю запуску.

Для зменшення впливу завад в МКУ включені елементи гальванічної розв'язки інформаційних сигналів і сигналів керування від вхідних-вихідних портів автопілота.

При проведенні стендових випробувань ДВЗ система працює в ручному режимі керування з передачею вимірювальної інформації про оберти ДВЗ до комп'ютера по стандартному послідовному інтерфейсу.

З метою підвищення інформативності стану системи і забезпечення безпеки експлуатації МКУ має елементи світлової і звукової сигналізації.

Швидкість розвитку технологій в сучасному світі, а також перспективи використання безпілотних технологій промислового застосування дозволяє зробити однозначний висновок, що виконання науково-дослідних робіт у цьому напрямку є актуальною задачею.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Лисенко В.В., Тритяк О.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Розвиток технологій в сучасному світі привів к появі нових конструкційних матеріалів і елементів конструкцій. Використання таких матеріалів і елементів потребує визначення їх механічних властивостей, експериментального моделювання і дослідження різноманітних характеристик. Суттєву допомогу в вирішенні цих задач дає застосування стендів для тензометричних досліджень.

Тензометрія – сукупність експериментальних методів визначення напружено-деформованого стану матеріалу елементів конструкції. Методи тензометрії базуються на вимірюванні деформацій у зовнішніх шарах деталі за допомогою тензодатчиків та реєструвальної апаратури.

З урахуванням наявності і доступності на ринку України сучасної елементної бази пропонується створення універсального експериментального стенду, який відповідає багатьом вимогам проведення відповідних вимірювань.

Так, як використовуються вимірювальні перетворювачі – тензорезистори, які включені по полумостовій схемі, до складу стенда входять термокомпенсаційні і балансировочні резистори. При проведенні статичних вимірювань (СВ) вихідний сигнал з тензомостів підсилюється і оцифровується за допомогою високоточних двоканальних модулів побудованих на базі мікросхем НХ711. Для прискорення швидкості отримання вимірювальних даних проводиться паралельне опитування модулів. При проведенні вимірювань в динамічному режимі (ДР) задіяні інструментальні операційні підсилювачі і вбудовані в мікроконтролер аналого-цифрові перетворювачі.

Для зменшення часу вимірювань в режимі ДР отримання вимірювальної інформації проходить за кілька етапів: опитування АЦП, запис масиву кодів в ОЗП МК, обробка і передача даних до ПК.

Для керування режимами роботи (СВ, ДР, встановлення «нуля», вибір номерів вимірювальних каналів, «пуск») до складу стенду входить функціональна клавіатура. Для проведення вимірювань в режимі ДР стенд обладнаний електромагнітом, який «відпускає» тестовий вантаж (кульку) по сигналу від МК.

Так, як основні функції обробки, відображення і накоплення вимірювальної інформації положенні на ПК, то електрона частина стенду має стандартний послідовний інтерфейс і найпростіші пристрої відображення інформації – службовий символно-цифровий індикатор, світлодіодну індикацію і звукову сигналізацію.

Література:

1. Тензометрія: підручник / А. Г. Андрєєв, Г. І. Львов, О. В. Щепкін. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – 232 с.

ВІБРОКОНТРОЛЬ СТАНУ ВУЗЛІВ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Мигущенко Р.П., Кропачек О.Ю., Карпова Т.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Сучасні засоби контролю стану вузлів складних технологічних агрегатів за допомогою безрозбірних технологій складають обширний клас об'єктів. Основним недоліком такої апаратури є або широкий спектр можливих контрольних чи діагностичних виконуваних процедур (що супроводжується низькою точністю), або непомірна ціна.

Авторами проведена робота по розробці апаратного, алгоритмічного і програмного забезпечення для визначення придатності до функціонування паливної системи дизельних агрегатів (ДА) [1, 2]. Алгоритм контролю базується на моніторингу вібрацій стінок трубок паливного насоса високого тиску ДА з наступним перетворенням часової реалізації у частотну через неперервне вейвлет-перетворення. Основним недоліком такого контролю є великий обсяг обчислень через що можливий лише моніторинг в пакетному режимі. Проведення контрольних і діагностичних процедур з використанням дискретного вейвлет-перетворення дозволить реалізовувати відповідні процедури в режимі реального часу.

На даний момент здійснено:

1. Отримані часові реалізації з вимірювального каналу вібрації (датчик АП18), які відповідають справному і несправному стану паливної системи ДА.
2. Здійснене нормування часових реалізацій по амплітуді сигналу.
3. Виконане дискретне вейвлет-перетворення часового сигналу різними материнськими вейвлетами.
4. Визначена кореляція частотних сигналів отриманих різними материнськими вейвлетами.

Зараз сформований план досліджень частотних сигналів, який спирається на дисперсійний і коваріаційний статистичні аналізи. Для цього планується реалізувати:

1. Знаходження та аналіз статистик Фішера (F_0 , F_1 , F_2 , F_3) з різними кількостями серій для частотних залежностей, які відповідають справному і несправному стану паливної системи ДА.
2. Знаходження статистичної відстані d між справними і несправними станами паливної системи ДА для F_0 -статистик.
3. Знаходження оптимальної кількості відліків N попарних статистичних відстаней d .

Література:

1. Мигущенко Р. П. Методи і пристрої систем багатопараметрової функціональної діагностики вібраційних об'єктів (теоретичні основи та впровадження): дис. докт. техн. наук: 05.11.13 / Мигущенко Руслан Павлович. – Харків, 2014. – 475 с.
2. Кропачек О. Ю. Теоретичні основи аналізу і синтезу комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування динамічних нестационарних об'єктів: дис. докт. техн. наук: 05.13.05 / Кропачек Ольга Юріївна. – Харків, 2018. – 421 с.

ПОБУДОВА СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ДРІБНИХ ЖИВИХ ІСТОТ

Опришкіна М.І., Литовченко А.А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У наш час починає стрімко набирати оберти будівництво живих куточків у закладах початкових та середніх ступенів освіти, в саме у дитячих садках і школах. Це допомагає дітям знімати стрес та відпочивати, а насамперед бути в контакті з живою природою та вивчати природознавство і біологію. Живі куточки з відкритою екосистемою потребують ретельного догляду за тваринами, а однією з найбільших проблем є можливість втечі. Вирішенням цього питання може бути встановлення пристроїв дистанційного виявлення переміщення дрібних живих істот.

На рис. 1 зображено схему встановлення датчиків та автоматичних дверей у кімнаті, в якій знаходиться куточок живої природи.

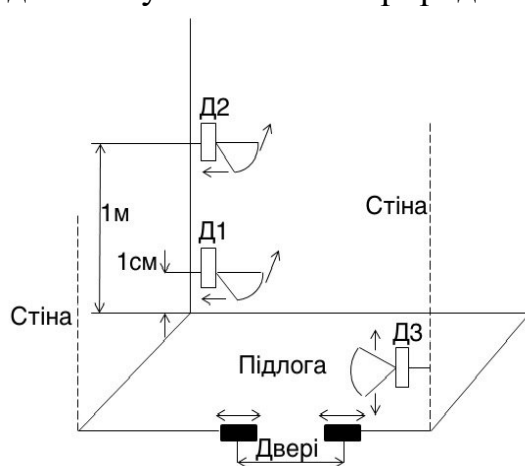


Рисунок 1 – Схема встановлення датчиків та автоматичних дверей

Давачи руху з системою Lidar встановлені у трьох проекціях. Перший датчик – Д1, встановлений на відстані 1 см від підлоги, він охоплює весь простір над підлогою, тобто створює паралельну підлозі площину. Цей давач фіксує переміщення істот, що рухаються по підлозі. Другий датчик – Д2, встановлений на відстані 1 м над підлогою, і так само працює в площині над підлогою, як і Д1. Функція Д2 – допоміжна Д1, він допомагає розрізняти мікроконтролеру людей від дрібних живих істот. Якщо відбувається фіксація зміни карти приміщення датчиками Д1 і Д2 одночасно, мікроконтролер розрізняє це, як переміщення відвідувача по кімнаті, тому залишає двері відкритими, або відчиняє двері. Окремим випадком є переміщення птахів. Для цього встановлено давач Д3 на будь-яку бокову стіну на відстані 2 м від дверей. Тобто давач Д3 має розрізати площину кімнати паралельно площині стіни, в якій встановлені двері. В такому випадку Д3 буде фіксувати зміну карти приміщення, а саме істот які літають, або стрибають. У разі фіксації руху датчиком Д3, сумісного спрацьовування Д1 і Д3, Д2 і Д3, мікроконтролер подає сигнал на закривання дверей. Якщо спрацьовують усі 3 датчики, це означає що в периметрі знаходиться людина, тому мікроконтролер має відчинити двері.

ТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА НАВЧАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКЛАДАЦЬКОГО СКЛАДУ

Опришкіна М.І., Надточій Ю.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Одним із відповідальних, складних і досить трудомістким завданням, яке вирішується на етапі підготовки навчального процесу і стоїть перед кафедрами закладів вищої освіти, є складання навантаження викладачів кафедри і розподіл його між її за всіма формами навчання. У роботі створена абстрактна модель процесу. Розроблена автоматизована інформаційна база даних є особливо актуальною, оскільки впровадження даної підсистеми дозволить зменшити навантаження персоналу кафедри за рахунок автоматизації монотонної і рутинної праці. Для реалізації проекту обрана СУБД Access.

На даній діаграмі зображено базове абстрактне представлення даних, що мають бути враховані в системі. З її допомогою можна розкрити базові взаємозв'язки між даними.

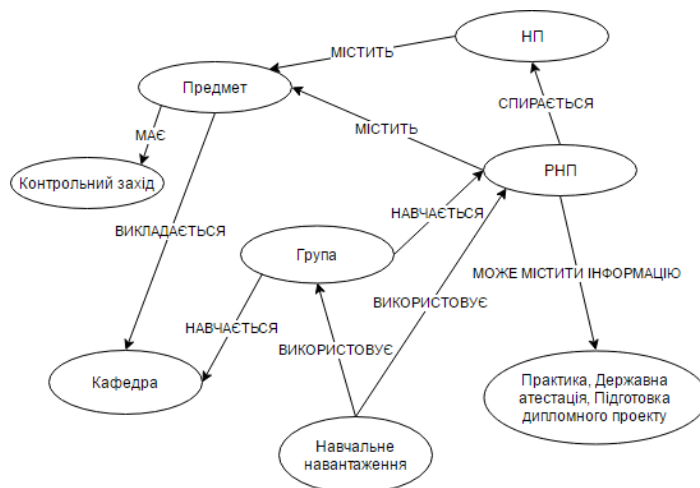


Рисунок 1

Так, наприклад, видно, що навчальний план (НП) містить в собі інформацію про предмети, які викладаються в їх рамках. Він спирається на відповідний навчальний, а також, якщо НП відповідає четвертому року (курсу) навчання за освітнім ступенем «бакалавр», або другому курсу навчання за освітнім ступенем «магістр», то він також містить інформацію про практику, атестацію, підготовку диплому. Кожен предмет має дані, про контрольні заходи, що здійснюються протягом семестру, або всього часу навчання. Також кожний предмет викладається певною кафедрою.

Для розрахунку навчального навантаження використовують дані з НП, які стосуються предметів, що викладаються на кафедрі, для якої визначається навантаження. Дані містять інформацію про розподіл аудиторних годин та контрольні заходи. Окрім цього в документі визначаються такі параметри як кількість груп та потоків. Для їх визначення необхідно мати доступ до інформації щодо груп, яким викладається даний предмет.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВАРЕНИХ КОВБАС

Опришкіна М.І., Опришкін О.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Виробництво вареної ковбаси має безліч особливостей, які безпосередньо пов'язані з підвищенням продуктивності, контролем якості і складністю технологічного процесу. Необхідною умовою для ефективної роботи технологічного обладнання, а також поліпшення якості готової продукції, є контроль над основними технологічними параметрами. Будь-які порушення технологічного процесу і відхилення від нормованих параметрів технологічного режиму тягнуть за собою порушення якості продукту на виході.

Структурна схема блоку контролю параметрів наведена на рисунку 1.

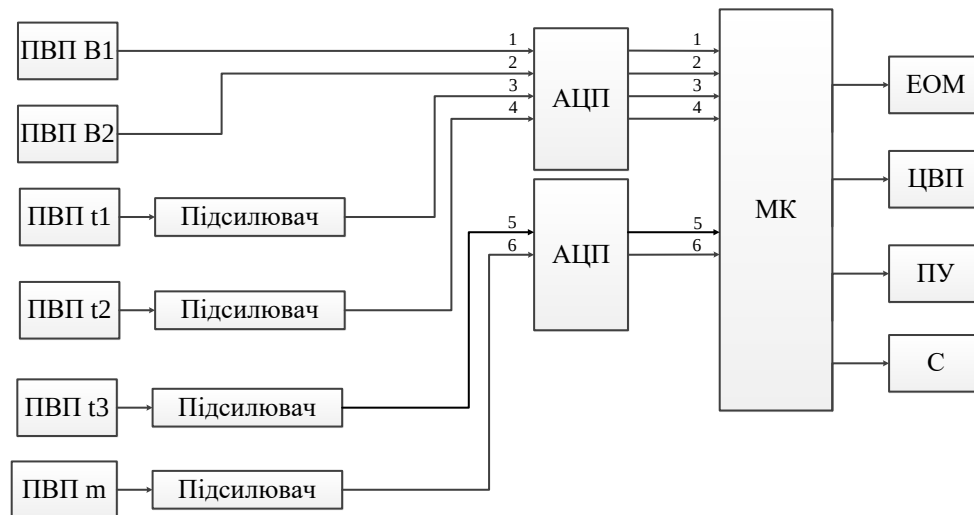


Рисунок 1 – Структурна схема блоку контролю параметрів

ПВПВ1, ПВПВ2 – первинний вимірювальний перетворювач, цифровий датчик вологості Hydro – Probe ХТ, вихідні сигнали з якого надходять до DD1, DD2 (МСР3204).

ПВП t1, ПВП t2, ПВП t3 – первинний вимірювальний перетворювач, платиновий термометр опору TR – 65, включений в мостову схему для перетворення зміни опору терморезистора на зміну напруги. Зміна напруги на виході мостової схеми включення термодатчика потребує підсилення, для чого використано інструментальний підсилювач AD-623. Вихідні сигнали у вигляді сигналів напруги з датчика температури надходять до АЦП, який представлений мікросхемою МСР3204.

МК – АТmega8L – 8-розрядний мікроконтроллер з 16 кілобайтами внутрисистемно-програмованої Flash пам'яті.

ПУ – пульт управління.

ЦВП – цифровий відліковий пристрій.

ЭОМ – електронно-обчислювальна машина.

С – сигналізація.

У відповідності до структурної, розроблено електричну принципову схему.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Плеснецов Ю.А., Бирюкова Ю.Н.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе выполнены исследования, связанные с определением параметров технологических процессов и оборудования для производства гнутых профилей с целью повышения их качества.

Формообразование поперечного сечения профиля в наименьшем количестве технологических переходов является одним из основных показателей рациональности калибровки. Исследования показали, что при формировании очага деформации в формоизменяющих клетях существуют ограничения по максимально допустимому углу подгибки полок (потеря их устойчивости), проскальзыванию полосы в валках подающей клетки (искажение профиля, невозможность осуществления процесса). Процесс профилирования от начала соприкосновения заготовки с валками до момента захвата полосы (прохождения переднего конца полосы через осевую плоскость валков клетки) приведен на рис. 1. Предельный угол подгибки определяется из уравнения баланса работ подающих и деформирующих валков, при этом, величина подающего усилия ограничена двумя условиями:

- 1) усилие не может превышать сил трения в задающей клетке;
- 2) усилие не должно быть большим, чем то, которое определяется из условия потери устойчивости полосы (рис.2).

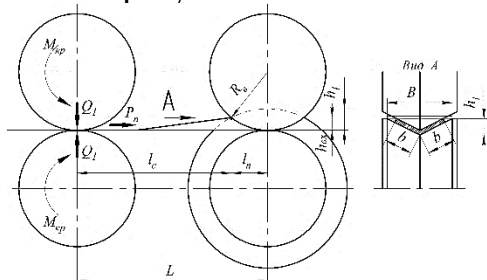


Рис. 1. Схема для расчета подающего усилия валков

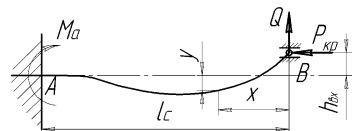


Рис. 2. Схема для расчета устойчивости полосы

В результате проведенных исследований построены графики (рис. 3 и рис. 4), показывающие влияние различных факторов на допустимый угол подгибки полосы.

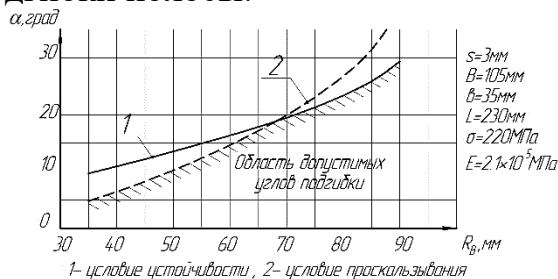


Рис. 3. Зависимость максимально допустимого угла подгибки от радиуса вала



Рис. 4. Зависимость максимально допустимого угла подгибки от межклетьевого расстояния

Результаты, полученные в работе, позволяют определить максимально допустимый угол подгибки в зависимости от радиуса вала и межклетьевого расстояния.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ВЫСАДКИ

Плеснецов Ю.А., Васько В.А.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Прогнозирование разрушения заготовки в процессе высадки возможно двумя методами:

1) графическим, т.е. (суммированием повреждений, что нерационально, из-за большого объема графических построений);

2) использованием исходных экспериментальных диаграмм, по которым можно определять необходимые значения и выполнять суммирование повреждений.

Гидростатическое давление в процессе высадки непрерывно изменяется, однако в принятой методике расчета технологических параметров процесса высадки не указано, каким образом выбирать приращения накопленных деформаций Δe_i , с постоянным относительным гидростатическим давлением.

Предлагаемая методика прогнозирования разрушения при высадке включает следующие этапы расчета:

1) для конечного момента высадки по зависимости для осадки находим относительное гидростатическое давление:

$$\sigma = -0,333 - \frac{\mu h}{d},$$

для чего, по диаграмме пластичности высаживаемого материала $e_p \rightarrow \sigma$, определяем:

а) значения соответствующей температуры штамповки;

б) вычисляем деформацию разрушения e_p по формуле $e_p = v_0/h$;

2) при использовании диаграмм пластичности, построенных в координатах $\Lambda_p \rightarrow \sigma/T$ (Λ_p – степень деформации сдвига к моменту разрушения, σ/T – интенсивность касательных напряжений), определяем необходимые значения по формулам: $e_p = 0,577 \Lambda_p$; $\sigma = 0,577(\sigma/T)$.

3) учитывая равенство $e_{iA} = e_{iB}$, накопленную деформацию в опасной точке определяем по зависимости (см. рис. 1):

$$e_{iA} = (1 + 2\mu) \ln \frac{h_0}{h} = (1 + 2\mu) e_i.$$

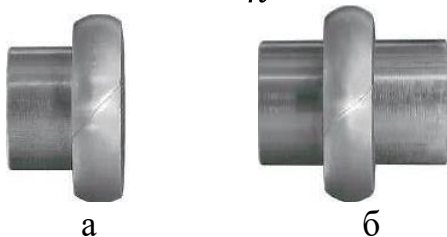


Рисунок 1 – Появление трещины на боковой поверхности фланца из стали 45: а - высаженного со смазкой с $h_0=12,1$ мм до $h=4,7$ мм; б - высаженного со смазкой с $h_0=12$ мм до $h=5$ мм

Выводы:

1. Общепринятая методика расчета технологических процессов высадки не обеспечивает адекватную физическую картину технологического процесса.

2. Предлагаемая методика прогнозирования разрушения при высадке позволяет установить возможность разрушения с использованием неравенства $e_{iA} \geq e_p$.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Плеснецов Ю.А., Горбатенков А.С.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Гнутые профили широко применяются в машиностроении и автомобилестроении, авиастроении, а также строительстве. При этом возникает необходимость в расширении сортамента гнутых профилей, освоении их новых видов.

Существенным ограничением при реализации технологий профилирования является отсутствие надёжной математической модели процесса формообразования, позволяющей прогнозировать предельное формоизменение исходной заготовки в валках. Устранение указанного пробела в технологии профилирования является важной и актуальной задачей.

Результаты исследований представлены в виде графиков (на рис. 3 приведены графики зависимости длины участка плавного перехода от ширины подгибаемой полки и угла подгибки, на рис. 4 – графики зависимость участка плавного перехода от толщины заготовки и угла подгибки). Параметры для расчётов приняты следующие: угол подгибки $\theta=15^\circ$; предел текучести материала заготовки $\sigma_T=200$ МПа; модуль упрочнения $\lambda=200$ МПа; толщина металла $s=1$ мм; ширина подгибаемой полки $b=50$ мм; ширина стенки профиля $C=50$ мм; радиус места изгиба $r=2$ мм; величина предельной упругой деформации $\varepsilon_{\text{уп}}=0,002$.

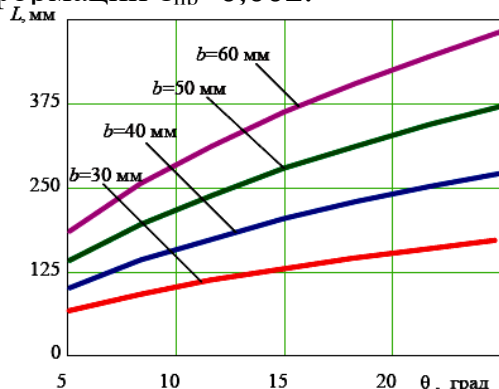


Рис. 3. Зависимости длины участка плавного от ширины полки и угла подгибки

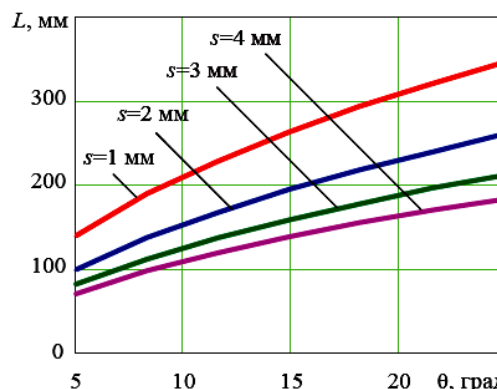


Рис. 4. Зависимости длины участка плавного перехода от толщины заготовки и угла подгибки

Анализ графиков, приведенных на рис. 3 и рис. 4 показывает, что длина участка плавного перехода существенно зависит от углов подгибки, ширины подгибаемой полки и толщины заготовки. Другие факторы оказывают существенно меньшее влияние.

Длина участка плавного перехода – важный параметр, позволяющий устанавливать границы предельного деформирования, рассчитывать технологические процессы производства гнутых профилей и выдавать исходные данные для проектирования профилегибочных станков нового поколения.

При повышенных углах подгибки длина участка плавного перехода может превышать величину межклетьевого расстояния профилегибочного стана. Это приводит к переформовке заготовки, ухудшению поверхности профиля, риску возникновения дефектов профиля в виде излома полки или волнистости кромок.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Плеснецов Ю.А., Сучков Г.М., Плеснецов С.Ю.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Практическое применение результатов, достигнутых в механике разрушения, существенно затрудняется случайным характером распределения микродефектов в реальных материалах, поэтому широкое применение находят упрощенные подходы к проблеме разрушения, в которых процессы разрушения различной природы не зависят от физического механизма и позволяют рассмотреть: хрупкие разрушения конструкций; усталостные разрушения; разрушения, возникающие при пластической деформации в процессах обработки металлов давлением.

В работе, для описания динамики разрушения, использована скалярная функция ψ (сплошность тела). В начальном состоянии, при отсутствии поврежденности $\psi=1$. С течением времени функция ψ убывает. При $\psi=0$ происходит разрушение. Введем функцию $\omega=1\psi$ (поврежденность или степень использования ресурса пластичности).

Для прогнозирования разрушения тела под действием постоянного напряжения ($\sigma=\text{const}$) примем, что скорость роста поврежденности определяется эффективным напряжением

$$\frac{\sigma}{1-\omega},$$

т.е. напряжением, отнесенным к неповрежденному сечению металла.

Для описания степени использования ресурса пластичности используем степенную зависимость вида

$$\frac{d\omega}{dt} = A \left(\frac{\sigma}{1-\omega} \right)^n,$$

где A и n – константы.

Интегрируя уравнение при начальном условии $t=0, \omega=0$, получаем

$$(1-\omega)^{n+1} = 1 - A(n+1)\sigma^n t.$$

Поскольку в момент разрушения $t_p \omega=1$, получаем (рис. 1, Действительное положение кривой вблизи временного сопротивления σ_b показано штриховой линией):

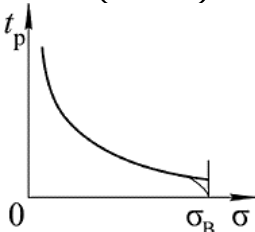
$$t_p = \frac{1}{A(n+1)\sigma^n}.$$


Рисунок 1 – График зависимости времени хрупкого разрушения t_p от напряжения σ

После ряда преобразований условие разрушения принимает вид

$$\omega = \int_0^\varepsilon \frac{d\varepsilon}{\varepsilon_p [a_1(\varepsilon), a_2(\varepsilon), \dots, a_n(\varepsilon)]} = 1.$$

РЕАЛІЗАЦІЯ ШВИДКОГО НЕЛІНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Е З ФІКСОВАНОЮ КОМОЮ

Сальніков Д.В., Васильченков О.Г., Караман Д.Г.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Нелінійне перетворення Фур'є вважається перспективним інструментом обробки даних у волоконно-оптичній передачі, що може істотно збільшити швидкість передачі даних та розширити пропускну можливість каналів даних. Нажаль обчислювальна складність алгоритму ускладнює його реалізацію.[1]

На поточний момент обчислювально-складні алгоритми можуть бути реалізовані за допомогою програмованих інтегральних схем (ПЛІС) та/або спеціалізованих процесорних архітектур, які мають обчислювальні блоки, що реалізують необхідні математичні операції, доступні для використання програмісту. Адаптація алгоритму для використання цих блоків дозволяє домогтися істотного зростання продуктивності.

Варто відзначити, що в задачах моделювання і дослідження, алгоритми найчастіше виконані у вигляді модулів з обчисленнями з рухомою комою одинарної чи подвійної точності, що дозволяють скоротити час на розробку та підвищити точність роботи алгоритму, яка більш важлива для моделювання/дослідження. Використання такої моделі в якості референсної не є зручним, бо порівняння чисел різного формату неминуче призводить до появи похибки.

Виходячи зі сказаного вище, стоїть завдання перетворення алгоритму (реалізованого в середовищі matlab, python, Julia etc) в алгоритм з фіксованою комою. Класичним є підхід, в ході якого роблять оцінку динамічного діапазону сигналу, а також всіх проміжних станів в тракті обчислень алгоритму. В результаті одержують відомості про необхідну розрядності цілої та дрібної частин чисел з фіксованою точкою.

У даній роботі для даної задачі був використаний мову програмування Python. Це дозволяє реалізувати алгоритм використовуючи функції, які можуть бути налаштовані під час виконання алгоритму. Так з'являється можливість провести дослідження точності роботи при різних умов не реалізуючи кілька варіантів одного алгоритму. Ключовою особливістю Python в даному контексті можна вважати відсутність діапазону допустимих значень типу Integer. Тобто переповнення числа в даному випадку неможливо, що дозволяє провести моделювання алгоритму з різною кількістю розрядів цілої та дробової частин і з'ясувати достатню кількість біт в кожній з частин для досягнення необхідної точності алгоритму.

Література:

1. S. Wahls and H. V. Poor, "Introducing the fast nonlinear Fourier transform," *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vancouver, BC, Canada, 2013, pp. 5780-5784, doi: 10.1109/ICASSP.2013.6638772.

ВИХОРОСТРУМОВИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ МЕТАЛЕВИХ ПРУТКІВ НА РІЗНИХ ГЛИБИНАХ ПЕРЕРІЗУ

Сіренко М.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Відомі узагальнені залежності уявної частини ($Im\dot{K} = F(X)$) комплексного параметру $\dot{K}$, а також похідних його реальної ($d(Re\dot{K})/dX = F(X)$) і уявної ($d(Im\dot{K})/dX = F(X)$) частин, та нормованого параметру $\dot{N}$ ($d\dot{N}/dX = F(X)$) від узагальненого параметру X мають локальні екстремуми при певних значеннях X^* [1, 2]. Параметри їх екстремумів визначають не тільки різновид способу вихорострумовеого контролю, але і глибину проникнення поля у прутки. Це важливо при неруйнівному контролі механічних характеристик відповідальних деталей механізмів і конструкцій, коли визначення залежних від них електромагнітних параметрів (μ_r і σ) деталей циліндричної форми (валів, різьбових з'єднань тощо) на різних глибинах уздовж радіусу r з метою оцінки їх розподілу за перерізом дозволяє діагностувати технічний стан механічного обладнання. Проведені уточнення значень X^* , модулів параметрів $\dot{K}$ і $\dot{N}$, їх фазових кутів φ (табл. 1) дозволили вирішити два завдання.

Таблиця 1 – Уточнені значення параметрів узагальнених функцій

Функція	X^*	K (або N)	φ , град	δ_e/r
$d(Im\dot{K})/dX = F(X)$	1,3174	0,9633364359	11,9684	0,808
$d\dot{N}/dX = F(X)$	1,6175	0,92299477	66,588	0,722
$d(Re\dot{K})/dX = F(X)$	2,1314	0,8166512103	26,1638	0,572
$Im\dot{K} = F(X)$	2,515	0,7236268158	31,4404	0,474
$d(Im\dot{K})/dX = F(X)$	3,4038	0,5421019965	37,8255	0,323

По-перше, підвищити точність формул для визначення геометричних (d) і електрофізичних характеристик (μ_r , σ) прутка, оскільки ці значення потрібні для розрахунків числових коефіцієнтів відповідних формул [1, 2].

По-друге, різноманіття цих способів контролю якості прутків дозволяє визначати їх характеристики на різних відносних (до радіусу r) еквівалентних глибинах δ_e/r проникнення поля (табл. 1), які є коректними з точок зору фізичного процесу проникнення змінного поля у тіло циліндричного виробу і порівняння їх електромагнітних і механічних характеристик:

$$\frac{\delta_e}{r} = 1 - \sqrt{1 - K}. \quad (1)$$

Література

1. Себко В.П. Трехпараметровый контроль цилиндрических изделий / В.П.Себко, Н.Н.Сиренко // Дефектоскопия, 1991, №7. С.36-42.
2. Себко В.П. Совместное определение электромагнитных параметров цилиндрических изделий одночастотным методом / В.П.Себко, Н.Н.Сиренко, Чинь Тхи То Оань // Український метрологічний журнал, 1997, вип. 3. С. 29-30.

ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ВИХОРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПРУТКІВ

Сіренко М.М., Крикун В.Р.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Практична реалізація багатопараметрових способів вихорострумowego контролю металевих прутків основана на сумісних вимірюваннях їх параметрів на визначеній частоті f^* магнітного поля вихорострумowego перетворювача (ВСП) трансформаторного типу, яка відповідає екстремуму його функції перетворення. Точність її визначення залежить від обраного методу пошуку екстремуму і суттєво впливає на зміну пов'язаних з нею вимірюваних значень параметрів сигналів ВСП. Тому при виборі алгоритму її визначення ставилась мета мінімізації кількості ітерацій пошуку із заданою точністю її визначення. Дослідження найпростіших методів пошуку екстремумів функцій перетворення ВСП, які близькі до поліномів [1,2], показали, що метод квадратичної інтерполяції з трьома точками є оптимальним за швидкодією і точністю визначення частоти f^* . Його алгоритм будується на локалізації зони екстремуму функції обраними її граничними значеннями частоти f_n (початку) і f_k (кінця), завданні її середнього значення f_i і точності (абсолютної похибки Δf) визначення частоти f^* . При цьому опосередковано вимірюються відповідні цим частотам значення уявних частин ImE^* нормованого сигналу ВСП:

$$ImE^* = (E \sin \varphi) / E_0, \quad (1)$$

де E і E_0 - сигнали ВСП з прутком і без нього відповідно;

φ - фазовий кут зсуву між цими сигналами.

Поточне значення частоти f_{0i} , яке імовірно відповідає екстремуму функції перетворення ВСП $ImE^* = F(f)$, можна розраховувати як

$$f_{0i} = \frac{(f_i - f_n)(f_i + f_n)[(ImE^*)_k - (ImE^*)_i] + (f_k - f_i)(f_k + f_i)[(ImE^*)_n - (ImE^*)_i]}{2(f_i - f_n)[(ImE^*)_k - (ImE^*)_i] + 2(f_k - f_i)[(ImE^*)_n - (ImE^*)_i]}. \quad (2)$$

Ітерації пошуку частоти f^* зупиняються за умови $|f_{0(i+1)} - f_{0i}| \leq \Delta f$. Цей алгоритм дозволяє виявляти екстремуми функцій перетворення ВСП навіть за межами заданого частотного інтервалу пошуку, що важливо при браку апріорної інформації для його визначення.

Досліджено, що не лінійність кривих індукції феромагнітних прутків змушує визначати магнітні параметри на початкових їх ділянках, обмежених напруженістю поля 50 А/м. Тому при реалізації алгоритму контролю потрібно стабілізувати напруженість поля ВСП під час зміни його частоти.

Література:

1. Себко В.П. Трехпараметровый контроль цилиндрических изделий / В.П.Себко, Н.Н.Сиренко // Дефектоскопия, 1991, №7. С.36-42.
2. Себко В.П. Определение магнитных, электрических и геометрических параметров цилиндрических проводящих изделий / В.П.Себко, Н.Н.Сиренко, Б.М Горкунов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 1992, №2. С.39-43.

ПОХИБКА КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ СТЕНДУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ

Смолін Ю.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На кафедрі КРСКД НТУ «ХПІ» було розроблено спеціальний стенд комп'ютерної діагностики гальмівних систем автомобілів, що дозволяє визначити основні характеристики цих систем. Основну похибку у роботі електронної системи стенду комп'ютерної діагностики буде вносити блок цифрового датчика переміщення педалі. Точності системи будуть визначатися похибкою тензорезистивного вимірювального перетворювача $\gamma_{\text{твп}}$, похибкою, що вноситься нормуючим підсилювачем $\gamma_{\text{п}}$ і похибкою перетворення АЦП - $\gamma_{\text{ацп}}$. Крім того існує ще похибка, яка вноситься лінією зв'язку - $\gamma_{\text{лз}}$.

Як показав проведений аналіз апаратних засобів і аналіз законів розподілу окремих складових похибки похибку апаратних засобів комп'ютерного контролю слід визначати за двома складовими: $\gamma_{\text{а}}$ - адитивної (не залежить від величини вимірюваних параметрів) і $\gamma_{\text{м}}$ - мультиплікативної (залежить від величини вимірюваних параметрів), оскільки ці складові похибки спів мірні за величиною. У цьому випадку межа відносної похибки вимірювання параметрів - гальмівної системи

$$\gamma = \pm \left[c + d \cdot \left(\left| \frac{x_{\text{н}}}{x} \right| - 1 \right) \right] \%,$$

де $c = \gamma_{\text{а}} + \gamma_{\text{м}}$ - сума значень наведеної адитивної та мультиплікативної складової похибок; $d = \gamma_{\text{а}}$ - приведена адитивна похибка. При цьому

$$\gamma_{\text{а}} = \pm \frac{\Delta x}{x_{\text{н}}} 100 \%,$$

$$\gamma_{\text{м}} = \pm \frac{\Delta x}{x} 100 \%.$$

де Δx - абсолютна похибка; $x_{\text{н}}$ - нормуюче значення вимірюваної величини; x - поточне значення вимірюваної величини.

У результаті розрахунків отримали $\gamma_{\text{а}} = 1.32\%$ і $\gamma_{\text{м}} = 1.62\%$. Тоді $d = \gamma_{\text{а}} = 1.32$ і $c = \gamma_{\text{м}} + \gamma_{\text{а}} = 2.94$. Значення «с» і «d» необхідно вибирати з нормованого ряду.

У результаті обраний для визначення похибки вираз прийняв вигляд

$$\gamma = \pm [4 + 1,5[(x_{\text{н}}/x) - 1]]\%.$$

КОНСТРУКЦІЯ І ПРИНЦИП ДІЇ ДАТЧИКА ШВИДКОСТІ СТЕНДУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Смолін Ю.О., Дубровський Є.С., Сілін Д.М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

На кафедрі КРСКД НТУ «ХПІ» було розроблено спеціальний стенд комп'ютерної діагностики гальмівних систем автомобілів, що дозволяє визначити основні характеристики цих систем. В якості вихідних даних, для отримання гальмівних характеристик, використовувався і такий параметр як швидкість автомобіля. Швидкість руху автомобіля, яка досягається за рахунок обертання розгінних барабанів, що змонтовані на спеціальній платформі діагностичного стенду, вимірюється датчиком швидкості.

Датчик швидкості спрацьовує від маркерної пластини, яка повинна встановлюватися механіком на диску колеса. Маркерна пластина, яка представляє собою металеву деталь, кріпиться до диска провідного колеса автомобіля за допомогою штатного болта.

Датчик швидкості кріпиться до спеціальної металевої рамці кріплення датчика, яка має П-подібну форму і встановлюється двома опорами на платформу, задовольняючи при цьому двом вимогам: по-перше, датчик повинен бути встановлений таким чином, щоб маркерна пластина під час обертання колеса обов'язково знаходилася в якийсь момент напроти датчика; по-друге відстань «х» між датчиком і маркерною пластиною повинна відповідати заданій величині.

Принцип дії датчика швидкості автомобіля, заснований на вимірюванні частоти обертання колеса і множення її на шлях прохідний колесом за певний проміжок часу.

$$V = n \cdot L \cdot t,$$

де n – частота обертання колеса, об/с або с^{-1} ; L – шлях прохідний за 1 оберт, t – час, за який визначається пройдений шлях.

$$L = 2\pi R.$$

$$V = n \cdot 2\pi R = 6,28 \, nR, \text{ м / с}$$

де R – радіус колеса, м; n – частота обертання колеса, $1 / \text{с}$.

Якщо визначати швидкість в км / год, то

$$V = n \cdot R \cdot 6,28 \cdot 3600 / 1000 = 22,6 \, nR, \text{ км / год.}$$

Оскільки у останній формулі величина R є постійної для конкретного автомобіля, то перемінної вимірюваною величиною є частота обертання. Тому, первинним вимірювальним перетворювачем датчика, є індуктивний перетворювач, який за один оберт колеса видає на виході один імпульс.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДСИЛЮВАЧА ДАТЧИКА В СТЕНДІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Смолін Ю.О., Золотов С.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На кафедрі КРСКД НТУ «ХПІ» було розроблено спеціальний стенд комп'ютерної діагностики гальмівних систем автомобілів, що дозволяє визначити основні характеристики цих систем. Підсилювач входить до складу датчика переміщення гальмівної педалі і забезпечує підсилення вихідного сигналу первинного вимірювального перетворювача до нормованого сигналу. Характеристики підсилювача суттєво впливають на точність вимірювання.

Основними характеристиками підсилювача, що вносять похибку є: зміщення нуля на виході підсилювача при нульовому вхідному сигналі; температурний дрейф нуля; часовий дрейф нуля; шуми на виході підсилювача.

При вимірах напруги зміщення нуля $U_{зм}$ на виході підсилювача при нульовому вхідному, було замкнено входи підсилювача і за допомогою вольтметра на піддіпазоні $0 \div 100$ мВ при температурі навколишнього середовища $T = 22$ °С для різних опорів зворотного зв'язку $R_{зз}$ було виміряно цю величину. Результати вимірювань зведено в таблицю 1.

Таблиця 1 – Напруга зміщення нуля при різних $R_{зз}$

$R_{зз}, \text{кОм}$	91	120	130	150	180	220	240
$U_{зм}, \text{мВ}$	15,13	19,77	21,56	24,45	29,38	35,92	39,69

Часовий дрейф нуля та амплітуда шумів на виході підсилювача проводились за допомогою вольтметра В7÷35 та осцилографа С1-96. Вимірювання проводились, через кожні 30 хв на протязі 10 годин. За першу годину, проводилось 12 вимірювань через кожні 5 хвилин.

Абсолютний часовий дрейфу після прогріву підсилювача (0,5 год) складав $U_{др.вихт} = 5,88$ мВ, а приведений до входу часовий дрейф підсилювача складав $U_{др.вих} = 0,013$ мВ.

Вимірювання температурного дрейфу проводились в два етапи. На першому етапі визначався дрейф в діапазоні від 0 до +20 °С. Для цього підсилювач розміщався у крижаній бані. Далі крига з водою підігрівалася і через кожні 5 °С проводились вимірювання. На другому етапі вимірювання проводилися в діапазоні +20 °С +50 °С. Для цього підсилювач розміщали у муфельній печі і розігрівати її. Вимірювання проводилися також через кожні 5 °С.

Величина абсолютного дрейфу нуля у цьому випадку на перевищує $U_{др.вихт} = 75,5$ мВ, а амплітуда шумів не перевищує 3,5 мВ. Приведений до виходу температурний дрейф підсилювача за складає $U_{др.вихт} = 0,168$ мВ.

КОНСТРУКЦІЯ ДАТЧИКА ПЕРЕМІЩЕННЯ В СТЕНДІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Смолін Ю.О., Нестеренко С.Ю.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

На кафедрі КРСКД НТУ «ХПІ» було розроблено спеціальний стенд комп'ютерної діагностики гальмівних систем автомобілів, що дозволяє визначити основні характеристики цих систем. В якості вихідних даних, для отримання гальмівних характеристик, необхідно було використовувати такий параметр, як переміщення гальмівної педалі автомобіля.

У залежності від величини переміщення педалі змінюється гальмівне зусилля на колесах і вони сповільнюють обертання барабанів, що дозволяє судити про зміну швидкості автомобіля при даному положенні педалі, тобто при даному гальмовому зусиллі. Таким чином отримують гальмівну характеристику автомобіля, момент спрацьовування антиблокувальною систем (АБС) автомобіля і, при необхідності, проводять ряд регулювань, у тому числі і ходу педалі.

Конструктивно датчик переміщення педалі складається з двох частин: механічної та електричної. Механічна частина датчика розташовується в салоні автомобіля, а електрична виконується у вигляді окремого блоку, винесеного за межі салону. З'єднуються вони за допомогою спеціального роз'єму і кабелю.

Основним елементом механічної частини датчика є тензометрична балка на яку наклеєні тензорезистори первинного вимірювального перетворювача переміщень. Ця тензобалка одним кінцем жорстко закріплена за допомогою болтів до П-образного стояка. Інший кінець тензобалки, за допомогою спеціального пристрою, з'єднаний з педалью гальмування. При натисканні на педаль, вона переміщається на відстань l і через зчіпний пристрій впливає на тензобалку. Тензобалка при цьому прогинається і викликає деформацію тензорезисторів наклеєних на тензобалку. Їх опір при цьому змінюється пропорційно величині прогину балки, тобто переміщення педалі. Таким чином, функція $\Delta R = f(l)$ забезпечує перетворення неелектричної величини - переміщення, в електричну - опір.

Конструкція зчіпного пристрою складається з чотирьох деталей: тягеля; гвинтового регулятора; ослабляючої пружини; зачіпки за педаль.

Тягеля за допомогою метода гайки кріпиться до кінця тензобалки, а за допомогою метода зачіпки зчіпний пристрій кріпиться до педалі гальмування. За допомогою метода гвинтового регулятора можна відрегулювати потрібну відстань від тензобалки до педалі в початковому стані.

Датчик розрахований на максимальне переміщення педалі $\delta_{\max}$ до 100 мм і відповідне переміщення незатисненого кінця тензобалки $X_{\max}$ до 10 мм.

ВИКОРИСТАННЯ ДИСКРЕТНОЇ ВЕЙВЛЕТ-ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

Тараненко Ю.К., Сучков Г.М., Івакін Д.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто методи мінімізації похибок дискретної вейвлет-фільтрації сигналів ультразвукових дефектоскопів. Для цього генеруються спеціальні модельні сигнали, що включають імпульси: зондуючий, відбитий від дефекту і донний. Для генерації імпульсів була використана функція psi вейвлета Daubechies 28, яка забезпечує необхідну симетрію. Імпульси розділені відрізками і імітують час поширення ультразвуку в об'єкті контролю. До системи імпульсів адитивно додається шум, що складається з суміші імпульсів з нормальним і логістичним законами розподілу.

Проведено порівняльний аналіз двох алгоритмів фільтрації. Перший полягає в обмеженні величини деталізації коефіцієнтів вейвлет розкладу на перешкоди сигналу на всіх рівнях розкладання аж до максимального з загальним порогом. При цьому визначалося мінімальне значення середньоквадратичної похибки відхилення відновленого на кожному рівні вейвлет-розкладання сигналу від вихідного сигналу без шуму. Другий алгоритм використовує окремий для кожного рівня вейвлет розкладу поріг обмеження величини деталізації коефіцієнтів, яка пропорційна середньоквадратичному відхиленню деталізації коефіцієнтів для поточного рівня розкладання. Як і в першому алгоритмі, завдання стоїть у визначенні рівня вейвлет розкладу, при якому досягається мінімальна середньоквадратична похибка.

Особливістю обох алгоритмів є розширена база дискретних вейвлетів сімейства Biorthogonal, Coiflet, Daubechies, Discrete Meyer, Haar, Reverse Biorthogonal, Symlets, всього 106, і порогових функцій garotte , garrote , greater , hard , less , soft , всього шість. У модельній функції використовуються випадкові величини в обох алгоритмах, тому для отримання стабільних результатів застосована база усереднення.

Наведені особливості побудови алгоритмів дозволили виявити найбільшу ефективність фільтрації представлених як в осцилографі сигналів ультразвукової дефектоскопії за першим алгоритмом. Застосуванням окремого порога обмеження числа коефіцієнтів деталізації для кожного рівня дискретного вейвлет розкладу із застосуванням наведеної бази вейвлет і порогових функцій знизило похибку фільтрації.

ІНТЕГРУВАННЯ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ БЕЗПЕКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ

Тверитникова О.Є., Демідова Ю.Є.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Організаційно-методичною базою створення інтегрованих систем управління (ІСУ) є міжнародні стандарти систем управління якістю, систем екологічного управління. Крім того сучасні вимоги потребують наявності системи безпеки професійної діяльності. Основою для розроблення такої системи стала специфікація OHSAS 18001, що була запропоновано Британським інститутом стандартів. Подальша діяльність міжнародних організацій зі стандартизації спрямована на удосконалення питань безпеки професійної діяльності привела до створення у 2018 р. міжнародного стандарту ISO 45001:2018. Це документ має зовсім нову структуру, хоча деякі положення співпадають з OHSAS 18001:2007. Поступово він стане повноцінною заміною останнього. Схожість за структурою з базовими стандартами ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 та ін. дає змогу інтегрування нового стандарту з іншими системами. Стандарт спрямовано не тільки на усунення загроз і мінімізацію ризиків, але й на розроблення та прийняття ефективних профілактичних заходів. Країнами Європи та світовими провідними концернами політика безпеки професійної діяльності формувалася десятиріччями і сьогодні є вже обов'язковим фактором професійної діяльності.

В Україні охорона професійної діяльності регламентована ДСТУ OHSAS 18001:2010, що побудований на основі нової версії OHSAS 18001:2007. Цей документ є чинним до 2022 р. Враховуючи міжнародні рекомендації, був створений ДСТУ ISO 45001:2019, що є ідентичним перекладом міжнародного стандарту ISO 45001:2018 (IDT). На основі нормативних документів на деяких підприємствах України були розроблені та впроваджені ІСУ. На підприємстві «Запоріжсталь» впроваджено одночасно політику OHSAS 18001:2007 та МОП СУОП 2001 (вимоги Міжнародної організації праці, щодо організації робочих місць та умов праці). Інтегровані системи менеджменту реалізовані на таких підприємствах: ПАТ «АЗОТ» хімічного профілю, ПАТ «Одескабель». У 2012 р. на підприємстві ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» впроваджена сертифікована система управління безпекою праці (OHSAS 18001:2007). Сучасна інтегрована система менеджменту якості, професійної безпеки та охорони здоров'я відповідно до вимог стандартів ISO 9001:2015 та ISO 45001:2018 розроблена, задокументована та впроваджена в Акціонерному товаристві «Український інститут з проектування нафтопереробних і нафтохімічних підприємств».

Отже, враховуючи досвід міжнародного створення та впровадження інтегрованих систем менеджменту для досягнення необхідного рівня у галузі безпеки та гігієни професійної діяльності в Україні необхідно обов'язково враховувати сучасні світові тенденції. Це дає змогу українським підприємствам забезпечити і конкурентні переваги, і сталий розвиток підприємств і покращити стан промислової безпеки.

РОЗРОБКА УСТАНОВКИ САТУРАЦІЇ ВОДИ ВОДНЕМ

Тополов І.І., Борисенко Є.А., Порхало О.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Людське тіло на 80 відсотків складається з води. Денна норма споживання води в середньому становить $1,5 \div 2,5$ літра (в силу фізіологічної особливості або професійної діяльності), організм переносить брак води, набагато складніше, ніж голодування. Людство становить близько 8 мільярдів. Все це всім відомі факти. Проте, важко уявити, скільки цього сировинного ресурсу необхідно доставити, підготувати (фільтрувати, знезаразити, наситити / збіднити і т.п). Якщо ще необхідно транспортувати воду, з'являються операції фасування, бутелювання, консервування, сортування (потреба розподілення по мінералізації). Досить, ясно що питання «вилилось» у цілу галузь економіки, індустрію продажу води.

Є ще один напрямок водопідготовки, дуже популярний на сьогоднішній день це отримання шляхом електролізу двох рідин, так званих «живої та мертвої» води. У генераторі водневої води шляхом електролізу отримують живу і мертву воду. Порожнина генератора роз'єднана напівпровідною мембраною. Шляхом електролізу, навколо аноду утворюється кислотна (кисне насичена) мертва вода (Аноліт), $\text{pH} = 2,5 \div 8,5$, навколо катоду утворюється лужна (водне насичена) жива вода (Католіт), $\text{pH} = 6,5 \div 9,5$. У процесі електролізу у анодній зоні концентруються хлорні і кисневі радикали, тому контакт аноліта з мікробною клітиною призводить до руйнування клітинної стінки мікроба, звідси і властивості аноліту до обеззаражування, протизапальної та антиалергічної дії. У катодній зоні концентрується (жива вода) – це лужний розчин, що володіє сильними біостимулюючими властивостями. Саме тому жива вода здатна відновлювати імунну систему організму, наділяти його антиоксидантами, покращувати обмін речовин, підвищувати кров'яний тиск, та надавати інші корисні властивості. Країнами лідерами, випускаючими генератори водневої води, є Японія, США, Південна Корея і Китай. Розроблені за останнім словом техніки оснащені титановими анодами з багатошаровим платиновим покриттям і нанотехнологічними розділовими мембранами REM / SPE (Протиобмінна мембрана / твердий полімерний електроліт) вони є аж ніяк не бюджетними приладами (розкид цін від 300 до 10000 євро). Поставлено завдання розробити генератор водневої води, який би сильно не поступався за технічними характеристиками зарубіжним зразкам. Статтями економії буде заміна TiPt електрода на так звані ОРТА (Окисно-Рутенієвий Титановий Анод) або ОІТА (Окисно-Іридієвий Титановий Анод), а мембрани REM / SPE на порцелянову. Також на дослідному екземплярі установки сатурації води воднем відпрацювати і затабувати режими електролізу за параметрами робочого струму і напруги, температури води в генераторі і наявності летючості водню. Оптимізувавши табличні дані, створити алгоритм автономної роботи генератора.

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРУ

Тополов І.І., Борисенко Є.А., Челаков В.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Існуючі на сьогодні джерела енергії поділяють на традиційні та альтернативні. До традиційних відносять корисні копалини - нафту, газ, вугілля. Їх найбільший недолік полягає в тому, що це - непоправні запаси. У цьому полягає перший фактор, який призводить до розуміння необхідності використання інших енергоносіїв. Рано чи пізно навіть найбагатші родовища вичерпають себе, тому пошук нових варіантів отримання енергії стає з кожним роком більш актуальною.

Сонячні електростанції і сонячні колектори використовують енергію світлового потоку, яка природним шляхом потрапляє на фотоелементи і перетворюється в електричну енергію, або теплову енергію для нагрівання рідини (води). Головний плюс - екологічність і повна відсутність шкідливих викидів в атмосферу. Основний недолік - нерівномірність одержуваної потужності протягом доби або інших тимчасових періодів. Вночі, в похмуру або дощову погоду вироблення електроенергії припиняється. У ясні погожі дні кількість виробленої електроенергії перевищує потреби енергоспоживачів, тому виникає необхідність в акумуляторах. Їх ціна значно підвищує собівартість виробленого кВт / год.

Існують деякі прийоми, які можуть допомогти збільшити продуктивність сонячних батарей і отримати більше сонячної енергії. Перший прийом - це відслідковувати точку максимальної потужності, а другий - відстежувати положення сонця.

Відстеження точки максимальної потужності (ОТММ, англ. Maximum power point tracking, MPPT) здійснюється за допомогою спеціальних контролерів ОТММ, які вбудовуються в більшість сучасних сонячних інверторів. Суть цього методу полягає в тому, що контролер аналізує вольт-амперну характеристику (ВАХ) сонячної батареї для знаходження оптимального режиму роботи, при якому при даній освітленості буде генеруватися максимальну кількість енергії.

В рамках даної роботи передбачається розробити, створити та налагодити невелику діючу модель одноосового сонячного трекера. Така модель може бути використана в якості демонстраційного посібника на виставках і при агітації абітурієнтів, а також дозволить провести ряд експериментів, таких як:

1. Порівняння енергетичної вироблення між стаціонарною установкою сонячних батарей і використанням трекера;
2. Порівняння енергетичної вироблення при використанні вертикальної осі обертання і похилій.

Наукове видання

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ:
НАУКА, ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА, ЗДОРОВ'Я**

**Тези доповідей
XXIX МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2021**

**У п'яти частинах
Ч. I.**

Укладач

проф. Лісачук Г.В.

Відповідальний секретар

Кубрак К.М.

Формат 60×86 /16. Ум. друк. арк. 19.4 Наклад 100 прим.

**Надруковано у ТОВ «Планета – Принт»
61002, м. Харків, вул. Багалія, 16
Свідоцтво № 24800170000040432 від 21.03.2001 р.**