

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
**XXVII МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2019**

**У чотирьох частинах
Ч. I.**

Харків 2019

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

Scientific publication

Abstracts
**XXVII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE
MicroCAD-2019**

**The four parts
P. I.**

Kharkiv 2019

ББК 73
I 57
УДК 002

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

Співголови конференції: Торма А. (Угорщина), Раду С. М. (Румунія), Стракелян Й. (Німеччина), Лодиговські Т., Шмідт Я. (Польща), Герджиков А. (Болгарія).

Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. I. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 368 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2019 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»,
2019

ЗМІСТ

Секція 1. Інформаційні та управляючі системи	4
Секція 2. Математичне моделювання в механіці і системах управління	51
Секція 3. Технологія та автоматизоване проектування в машинобудуванні	84
Секція 4. Фундаментальні та прикладні проблеми транспортного машинобудування	166
Секція 5. Моделювання робочих процесів в теплотехнологічному, енергетичному обладнанні та проблеми енергозбереження	227
Секція 6. Нові матеріали та сучасні технології обробки металів	278
Секція 7. Комп'ютерні технології у фізико-технічних дослідженнях	334

СЕКЦІЯ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТА УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

AUTOMATION OF IT PROJECT RISK MANAGEMENT BASED ON EXPERT ASSESSMENTS

Chirva T. A., Stratiienko N.K.

*National technical university "Kharkiv polytechnic institute",
Kharkiv*

Risk management is one of the key directions and one of the most difficult processes of IT project management. Risk management includes risk assessment, analysis and monitoring [1-3]. Success of an IT project depends on efficiency of decision making. That maximizes positive and minimizes negative consequences of the risk event, and thus risk management automation is an actual point.

In the course of the study, an analysis of the state of the risk management problem was carried out. This led to the conclusion that IT projects were unstable and one of the reasons was ineffective risk management. Existing software solutions to support risk management processes were analyzed. Among these solutions were highlighted project management support systems that have a risk management module and standalone risk management software products.

Based on the performed analysis, the formulation of a software development problem was made. The main task of the system to develop is to automate processes of accumulation, processing, storage and transmission of information associated with the identification and assessment of risks, reporting and monitoring of secondary risks and modeling risk response scenarios.

Database, class, use case, activity, component and deployment diagrams were developed during the design process. The following technologies were used for software development: C#, WPF, Entity Framework, MS SQL.

Test case was formed based on the IT project "Development of logistics network of mass consumption goods distribution" for performance check of the software. The risks were identified, qualitative and quantitative assessments of the identified risks were given, and a response plan to the identified risks was drawn up. At the stage of monitoring and controlling risk management, the methods by which the monitoring takes place were described.

Research materials can be used to manage the software risks of various IT projects. In addition, the list of identified risks can be used in risks management of specific projects for further analysis, assessment and risk management.

References:

- 1 Ching Gu V., Hoffman J.J., Cao Q., Schniederjans M.J. The Effects of Organizational Culture and Environmental Pressures on IT Project Performance: A Moderation Perspective // International Journal of Project Management. 2014. No 32. P. 1170–1181.
- 2 Nikolaenko V.S., Petuhov O.N., Petukhova O.V., Romanovsky V.V. Special Aspects of Risk Management in IT Projects // The 28th International Business Information Management Association Conference 2016 (IBIMA), 2017. P. 241–260.
- 3 Merna T., Al-Thani F. Corporate Risk Management. 2nd ed. Chichester, UK; Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Ltd, 2008.

BUILDING SEMANTIC KERNEL OF WEB SITE PAGE

Dudnichenko S.M., Malugon H.V., Orekhov S.V.

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

For today site content optimization problem is one of the main part of the web-application development. At the momemtn web (site) content is being described by a semantic kernel. It is a list of favorite keywords in term of search engine and potential customers [1].

The semantic kernel of the site allows us effectively optimize the site position in search results. Also it manages the priority of sections and pages, information architecture as whole. But information architecture reflects on company's activities in the market of goods / services via Internet.

The main focus of the research is to develop the methodology of building semantic open source kernel. Our goal is to develop the software, which runs the training cycle and verifies the criteria for selecting keywords. The algorithm is based on the relevance feedback (Data mining method). As part of this method, search is considered as an iterative process, at each stage of which the user's information needs are clarified. [1].

To solve the problem, a more detailed method of tree-making was considered. It involves the graphical construction of various options for action that can be taken to solve an existing problem. As a result of the construction of the decision tree, the probability of each scenario, NPV (net present value) for each scenario is calculated, as well as a number of other fundamentally important indicators.

The TF-IDF method is used to evaluate the importance of the keyword, both in the context of the document (TF) and in the context of the document body (IDF). The metric is used with different TF and IDF calculation options.

The N-gram method calculates the probability of the last N-gram of keyword if all the previous ones are known. When using this approach for modeling the language, it is assumed that the appearance of each word depends only on the previous words. The use of N-grams is the detection of plagiarism. If you divide the text into several small fragments, represented by N-grams, they are easy to compare with each other and thus get the degree of similarity of the analyzed documents.

The clustering method is used to optimize the web application. It allows the broadest possible coverage of the semantic aspect of the search than it is possible in mechanical processing, which facilitates both the receipt of conceptually important for SEO clusters, as well as the definition of relevant to the required semantics of the pages that the user enters after performing a search query. It allows us to reduce losses in the event of a potential non-visit of the page due to an incorrectly prepared list of keywords.

References:

1. Michael Godlevsky, Sergey Orekhov, Elena Orekhova. Theoretical Fundamentals of Search Engine Optimization Based on Machine Learning / M. Godlevsky, S. Orekhov, E. Orekhova // Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. – 2017. – Vol-1844. – P. 23-32.

DETERMINATION OF QUANTITY OF EMPLOYEES OF A COMMERCIAL BANK IN RISK CONDITIONS

Goloskokov A.E., Goloskokova A.A.
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv

At the current time, an analysis of current management practices in the financial and banking sector of the Ukrainian economy shows that most commercial banks, as a rule, focus their main attention on improving financial management. At the same time, bank staff as an object of management remains in the background. Therefore, it is not surprising that the staff management services of the majority of Ukrainian banks have a low organizational status, are not professionally trained, and, in fact, are limited to performing accounting functions only.

Thus, it becomes an urgent task of assessing the needs of the bank staff.

Staff is a resource. The resource that needs to be managed and the optimized use of the resource allows to maximize profits. And the purpose of a commercial organization is its receipt and, accordingly, the staff is the same resource as the others, the proper management of which allows the organization to achieve its goals.

Due to the increase in the number of transactions, a commercial bank needs a certain number of new employees to cope with this increased number of operations. Consequently, it is necessary find new employees immediately in order to ensure the normal functioning of this department of the bank.

But it is always difficult to find a highly specialized specialist. These are costs associated with trying to quickly fix a problem. The services of recruitment agencies, the cost of targeted advertising in specialized publications, the allocation of staff for the implementation of selection processes, finally, the loss of profit of the bank due to the lack of the necessary number of employees to complete the work.

This paper is devoted to solve the problems of assessing the number of employees of a joint-stock bank.

To solve this problem were selected approaches based on regression analysis, neural network information processing technology, as well as fuzzy logic theory were chosen. Based on the chosen approaches, a mathematical, algorithmic, and software procedure was developed for estimating the number of employees of a joint-stock bank. And also applied packages as Statistica and Matlab were used.

Test examples have been calculated and a numerical research of the influence of a number of factors on the predicted indicators has been carried out.

The obtained results allow significantly improve the efficiency of the joint-stock bank.

FINANCIAL ANALYSIS OF ENTERPRISE CONDITION IN RISK CONDITIONS

Goloskokov O.E., Tkachenko D.V.
National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv

One of the most important requirements for the effective management of a company in a market economy is the timely determination of its financial position. Business finance is the basis of the monetary system of the state and the main element of its economy.

Timely and qualitative analysis of the financial condition of the company, assessment of its liquidity, solvency and financial stability as well searching ways to improve and strengthen financial stability play a significant role.

The work is devoted to research of the problem of diagnosing the financial status of the company. A review of methods and approaches to solving a research problem has been carried out. The problem statement has been formulated.

Financial analysis of the company was done at the first stage of work. Balance structure, the profitability of the enterprise, the manufacturing cost structure, solvency (liquidity), financial stability of the enterprise, capital turnover, profitability of capital, labor productivity were analyzed.

Financial analysis is divided into external and internal. The external financial analysis focuses on open financial information of the company. It uses typical (standardized) methods, as rule, the limited number of basic indicators are used. The focus is on comparative methods during analysis performing, as users of external financial analysis are most often in a state of choice.

The internal analysis uses standard financial statement data as well as data of internal management accounting. The main attention is paid to understanding the causes of what is happening and searching for solutions aimed at improving this condition.

All indicators, as a rule, are divided into the following groups: liquidity indicators (I), financial stability indicators (II), business activity indicators (III), profitability indicators (IV).

The mathematical support and computer software for diagnosing the financial condition of the company were developed at the second stage.

The basis of the system for diagnosing the financial condition of the enterprise is the next approaches: the classical theory of pattern recognition, neural network technology, and fuzzy logic.

The results of numerical research of the test example showed the effectiveness of the developed system for assessing the financial condition of the company.

MODELS AND SOFTWARE SOLUTIONS FOR THE PROBLEM OF DIAGNOSING THE FINANCIAL STATE OF IT-ENTERPRISE

Goloskokov O.E., Tkachenko D.V.

*National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv*

Nowadays the Ukrainian economy is in a relatively unstable state. Consequently, Ukrainian enterprises require effective management. It is impossible to effectively manage without knowing the state of the control object. Therefore, the problem of diagnosing the financial status of the enterprise is relevant. Exact determination of financial condition provides an adequate understanding of the situation and the direction of the necessary actions.

The object of research is an IT-company. The problem is the need to find an exact solution to the problem of diagnosing the financial status of a company, taking into account the parameters, which characterize the financial situation. Thus, the main task of this work is solving the problem of diagnosing the state of financial IT-companies.

Authors conducted a critical analysis of Ukrainian and foreign publications. It has been established that the existing approaches to the solution of the problem of diagnosing have a number of shortcomings.

The work defines the object of the research and formulates the statement of the problem of diagnosing. Mamdani fuzzy inference algorithm has been chosen as a method of solving the problem. A fuzzy inference is an approximation of the following dependence $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_{10})$, where Y – financial condition of the company.

In the work software was developed and the numerical example was solved. The financial states of the company were established during the process of numerical study and also were investigated changes in financial states depending on the variation of input parameters.

Thus, the developed mathematical apparatus allows analyzing financial groups of indicators, the solution of the problem of diagnosing and assessing the level of skills of managers. The obtained results provide an opportunity to develop effective management decisions and thereby increase the effectiveness of the enterprise's functioning process in the future.

IDENTIFICATION OF THE STATE OF A COMPLEX SYSTEM IN UNCERTAINTY CONDITIONS

Goloskokov O.E., Tkachenko D.V.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

Both the company and its financial and economic services, as well as shareholders, investors, the tax service, and suppliers are interested in determining the financial position of an enterprise. There are external and internal financial analyses. Internal financial analysis is based on open and closed financial statements, its results are confidential. External financial analysis is based on data from external annual reports of enterprises. The results of this analysis are as open as possible. Assessment of the financial status of the company can be objectively determined only by using a complex of indicators. The modern system of indicators of the organization has several hundred indices and coefficients. There is an increase in the complexity of the internal and external conditions of the enterprise activity. The financial indicators are divided into two categories: volumetric (balance sheet, equity capital, net assets of the company, sales for the period, profit for the period, cash flow for the period, structure of cash flow for all activities) and relative (financial ratios). The last are divided into the next groups of indicators: liquidity, financial stability, business activity, profitability. Sources of information for recognition of financial status are Form No. 1 "Accounting Balance" and Form No. 2 "Report on Financial Results". Thus, nowadays the task of identifying the financial position of an enterprise as a complex system is relevant. The initial information for solving the problem of identification is the description of the enterprise in the form of a vector of financial indicators $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. All possible classes of states of a complex system $S_1, S_2, \dots, S_m$ are defined, described by signs: $\{X_{1r}, X_{2r}, \dots, X_{nr}\} \subset S_r; r = \overline{1, m}$. A characteristic feature of the studied problem is the presence of an element of chance in the source statistical data, as well as the fuzziness of expert knowledge. According to the possible values of the introduced indicators, as a result of identification, the financial position of an enterprise can belong to one of five classes: absolute success, normally stable condition, satisfactory condition, unstable condition, bankruptcy. Based on the obtained results about the determination of the financial status, the subjects of market relations can draw conclusions about the enterprise's position. These data contribute to the evaluation of the enterprise, preparing decisions on the adjustment of the company financial policy or decision on the implementation of plans for the enterprise. For solving the problem of recognizing the financial condition of an enterprise, it is proposed to use the next approaches in our work: a stochastic theory of pattern recognition; neural network information processing technology; an approach based on the application of the theory of fuzzy sets. It has been established that the use of modern approaches allows us to more reliably identify the state of the system than the using of classical financial analysis. In addition, the used approaches make it possible to formalize the fuzzy knowledge of an expert. The results provide an increase in the efficiency of the management process of a complex system.

PROCEDURE FOR FORECASTING THE EVOLUTION OF INDICATORS OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

Goloskokov A., Goloskokova A., Demidenko A.

*National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv*

The article deals with the task of forecasting the evolution of indicators of a machine-building enterprise.

The analysis of the problem and formulated the problem of the study. A review of methods for solving the problem of forecasting.

Among the variety of approaches to solving problems and the requirements put forward, the prediction on the basis of neural network technology and regression analysis satisfy the requirements. Neural network technology is chosen and because it is a well-established and with this type of problems and solutions, and the regression analysis because, according to published sources, it is used in 60% of cases, Rep.

The enterprise model is represented by the "black box" type. The model has 8 inputs and 3 outputs. Inputs are parameters that can most strongly affect outputs. Outputs are the most important parameters reflecting the state of the enterprise.

For the research of neural network technology, the "multilayer perceptron" network type was chosen and two neural network architectures were selected. One with two hidden layers of 10 neurons each, and the second with four hidden layers of 10 neurons.

Provident numerical studies. The regression model does not have sufficiently high accuracy and gives deviations from the original data. This is due to the simplicity, which is expressed in linearity, for this type of model.

The neural network provides high accuracy of the model, and the increase in layers improves the quality of the model. This is due to the increase in nonlinearity with the passage of data from the layer to the layer.

Privation testing the quality of the models. For this, $\frac{3}{4}$ of the available statistics was selected, models were synthesized on its basis, and the percentage deviations for each month of statistics not participating in the model creation were obtained. Dressed not give large abnormal deviations, the best is a neural network model, and the worst regression.

With the help of the generated models, the prediction of the coverage of the market segment, liquidity ratio and profit were made.

The results show that market segment coverage will grow. This is due to the likely decrease in the volume of products from competitors. By the liquidity ratio will fluctuate, but gradually decrease.

They show that in the enterprise there will be a recession of profit that's means only deterioration states enterprises. Leadership follows immediately to accept measures to the damage from the crisis a situation that approaching, it was is minimal.

RESEARCH TASK DISTRIBUTION OF THE VEHICLE PARK ON THE ROUTE NETWORK IN RISK CONDITIONS.

Goloskokov A., Goloskokova A., Chizhov A.

*National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv*

At the present stage, urban passenger transport rapidly evolving, changing and emerging new traffic flows, increasing their complexity. This situation contributes to the problem of dissatisfaction of the population's demand for urban passenger transport services. Thus, the distribution task in conditions of risk is relevant at this point in time.

The paper analyzes the problem and formulates the formulation of the research problem. A review of approaches and methods for solving the problem. A deterministic model of the distribution problem is formed and a stochastic model is developed on its basis.

The objective function displays the necessary maximize profits from operations. Restrictions of the first type require the satisfaction, if possible, of the full demand for transportation. Restrictions of the second type require to use for transportation the existing amount of transport of the park.

The stochastic model is presented in the M-setting. In the objective function, the random variables are replaced by their mathematical expectations. The first type of constraint is performed with a given probability, not less than α_i . The second limitation remain sun changed.

Stochastic model transformed into a deterministic equivalent, which is the task with which it non-linear programming. To solve the problem, the method of penalty functions was chosen, namely the method of an interior point. To solve problems and unconditional optimization, the Hook-Jeeves method is used.

Proved any numerical studies. The purpose of the experiment is to study the effect of the value of the probability coefficient of the first type of constraints on the solution of the problem.

It is found that the larger the value of the coefficient probability performance constraints, the greater value of the objective function (gains).

It can also be concluded that in order to optimally distribute the vehicle fleet along the route network, it is necessary to have additional resources with a certain probability in order to fully satisfy the demand for transportation. Otherwise, the profit will be less.

Thus, when solving a distribution task, it is necessary to choose the value of the probability of fulfilling the restrictions as close as possible to one, in order to satisfy the demand for transportation and to get the maximum profit.

TOWARDS AN ENTERPRISE KNOWLEDGE MANAGEMENT FROM A BPM VIEWPOINT

Kopp A.M., Orlovskiy D.L.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Problems of formalization, sharing, and reusing knowledge about enterprise's activity are considered from the BPM (Business Process Management) viewpoint. As the foundational tool of BPM and KM (Knowledge Management) concepts, business process modeling is used to formalize knowledge about enterprise's activity, as well as to facilitate knowledge sharing and further reuse. Therefore, the business process model lifecycle is considered according to the knowledge management framework SECI (Socialization, Externalization, Combination, Internalization). Hence, business process modeling is used to document tacit knowledge about enterprise's business processes using certain modeling notations, such as BPMN (Business Process Model and Notation), EPC (Event-driven Process Chain), IDEF0 (Integrated DEFinition) or DFD (Data Flow Diagram) [1].

Continuous analysis of a business process models quality is required to produce understandable business process models which are less error-prone. Correctness of business process models might be analyzed according to various

guidelines, metrics (size, density, complexity, etc.), and corresponding thresholds [2].

The PDCA (Plan-Do-Check-Act) approach can be used as a basis to support continuous analysis and improvement of business process models (fig. 1).

Implementation of a business process model repository solves the problem of business process models sharing and reusing. Thereby, the repository should be considered as the centralized storage used to store and reuse formalized knowledge on enterprise's business processes. Existing exchange file formats, such

as XPD (XML Process Definition Language) or BPMN 2.0, play a significant role in sharing and reusing of business process models. In order to overcome gaps between existing formats, the RDF (Resource Description Framework) is proposed to be used to represent knowledge about enterprise's business processes.

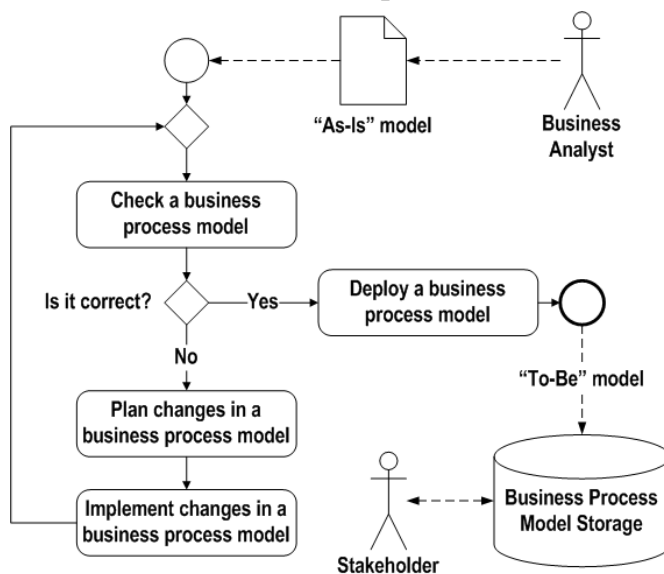


Fig. 1. – Continuous analysis and improvement of business process models

References:

1. Kalpic B. Business process modeling through the knowledge management perspective / B. Kalpic, P. Bernus // Journal of Knowledge Management. – 2006. – Vol. 10. – No. 3. – P. 40–56.
2. Corradini F. Quality Assessment Strategy: Applying Business Process Modelling Understandability Guidelines / F. Corradini, et al. – University of Camerino, 2015.

TECHNIQUES FOR MANAGING DATA FLOWS IN INFORMATION COMMUNICATION NETS

Kosenko Victor

***State Enterprise “Kharkiv Research Institute of Mechanical Engineering”,
Kharkiv***

The paper deals with the issues of increasing the efficiency of data processing in information communications nets of critical infrastructure systems (CIS ICN). The method for adaptive control of data flow distribution is proposed. A set of parameters is divided into subsets of basic and variable control parameters. Variable parameters can be the content of tasks, users, the request rate, capabilities of the equipment. The basic stages of the technique:

- identifying the channels where the bandwidth is not sufficient,
- assessing the costs associated with data delays in these channels,
- assessing the probability that there is no flow in the channels,
- solving the task of minimizing the total cost of network operation.

The developed method differs from other ones as it enables taking into consideration probable changes in the requirements of applied tasks or user activity for various types of communication channels and solves the problem of reducing the total cost of data transfer. The case of increasing the number of system application tasks, network users and, respectively, the request rate is considered.

Since centralized data processing and storage techniques are often used in CIS, the task of network resource distribution for a multi-server node is considered. The technique for distributing resources is proposed; this technique includes the following stages:

- determining the server characteristics,
- calculating the generalized and average characteristics of nodes,
- calculating costs associated with downtime of tasks in the queue and server downtime,
- solving the task of optimizing the costs of maintaining flows.

The improvement of the method lies in the fact that the server system is considered as a set of single-line queuing systems and uses information about the distribution of bandwidth of communication channels.

The use of the proposed methods enables reducing the time of system transaction processing and the total cost of network maintenance costs.

References:

1. Kosenko V. Methods of managing traffic distribution in information and communication networks of critical infrastructure systems / Kosenko V., Persiyanova E., Belotsky O., Maleyeva O. // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. – 2017. - No. 2 (2). - P. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.2.048>.

RASCH MODEL USAGE FOR TESTING RESULTS ASSESSMENT

Melnyk K.V, Borysova N.V.
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv

Each educational institution, regardless of the level of accreditation, has the need to control the quality of the learning material. This allows us to assess both the availability of educational material and the ability to learn each student. Nowadays the most commonly used methods for assessing knowledge are testing. The development of information technologies allowed to automate this process and became the reason for the emergence of modern testing models. One of such models is the Rasch model, a family of psychometric models for creating measurements from categorical data, such as answers to questions. By using this model, it is possible to evaluate the probability of correct answer to a question by assessing its complexity. This allows us to get rid of unbalanced questions [1]. The estimation of parameters is carried out with the assumption of normal distribution of empirical data both in terms of the number of students, and in the set of tasks. The values of the latent variables are normally distributed. Let's consider in more detail how the Rasch model is used to evaluate the results of testing [2]:

1. The proportions of the correct p_i and wrong q_i answers of each person are calculated for all tasks.
2. A preliminary estimation of readiness parameter value of the i -th person in logits is carried out.
3. The proportions of the correct p_j and wrong q_j answers are calculated for each task.
4. A preliminary estimation of task difficulty parameter value of the j -th task in logits is carried out.
5. The calculation of average values of training level and task complexity in logits is carried out. Those way estimates of each parameter are expressed in interval scale, but with different values of mean and different standard deviations
6. Values of training level and task complexity in logits are translated into a single interval scale of standard grades. Standardization is achieved through a series of special transformations.
7. Standard measurement errors are estimated.
9. The characteristic curves of task are constructed.

The described model serves as a mathematical base for the developed automated testing system, the using of which accelerate the overall process of acquired knowledge control and systematize the received results.

References:

1. Xiufeng L. Using and Developing Measurement Instruments in Science Education: A Rasch Modeling Approach / Xiufeng L. – Scottsdale : Information Age Publishing, 2010.
2. Bond T.G. Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences, 3d ed. / T.G. Bond, C.M. Fox. – New York : N.Y. Routledge, 2015.

**PLANNING, BUILDING UP AND DEVELOPING AN IT PROJECT TEAM
(ON THE EXAMPLE OF THE PROJECT "IMPROVING THE QUALITY OF
SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS BASED ON DYNAMIC
PROBLEM STATEMENT OF A CMMI MODEL")**

Pashko B.I., Stratiienko N.K.
*National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv*

One of the most important success factors of an IT project is its team. Planning, building up and developing a team is a time consuming process, so its automation will allow project managers to implement it most effectively. Consequently, the development of software for solving problems of planning, building up and developing an IT project team is relevant.

In the course of the study, a state analysis for IT projects management problems was carried out. The existing principles, strategies and the process of building up and development of the project team were analyzed; the methods of planning and personnel formation were analyzed. Existing software solutions were analyzed to support team management processes. On their basis, a task was formulated for developing software for planning, building up and developing an IT project team.

Identified as a result of the study, significant relationships between the factors and the team's effectiveness allowed us to propose a model for an effective IT project team. Taking into account the model of an effective team, a methodology for building up the team has been developed.

A database, a use case diagram, a component diagram, and a deployment diagram were developed during the software design process.

The test case was formed based on the project team "Improving the quality of software development process based on dynamic problem statement of a CMMI model". Initially, the project roles were defined and the RACI responsibility matrix was built. Then functional responsibilities were assigned to the project supervisor, project manager, system architect and project administrator. The functional responsibilities for planning, managing the project team, organizing the execution of works and monitoring the implementation of the project were reviewed. Environmental factors and their influence on the planning of the project team were studied, after which a skills register was compiled for the project team. Four categories of skills are identified: technical, administrative, strategic and interpersonal and leadership skills. A scale of criticality and ability ratings has been compiled. A rating scale of technical competencies and skills was developed.

The research materials can be used to manage software project teams.

References:

1. Томпсон Л. Создание команды / Л. Томпсон; [пер. с англ. под ред. Е. Г. Молл]. – М.: Вершина, 2006. – 544 с.
2. Каннинг М. Как эффективно управлять командой / М. Каннинг, М. Тучински, С. Кэмпбелл; пер. с англ. М. С. Меньшиковой. – М.: Вершина, 2006. – 160 с.

FORMALIZATION OF THE INTERVAL VALUES RANKING IN THE NETWORK PLANNING PROBLEM

Romanenkov Yu.¹, Lobach O.², Lutsenko S.²

¹N. Ye. Zhukovsky National Aerospace University

“Kharkiv Aviation Institute”,

²National Technical University

“Kharkiv Polytechnic Institute”,

Kharkiv

The cases, when the temporal characteristics of the works are given in fuzzy or interval form, are typical for the network planning problems [1]. This raises the need for intervals ranking to determine the critical path.

Classical approaches to the problem solution are described, for example, in [2, 3] and characterized by the fact that in the case of intersecting intervals, they lead to ambiguity. This causes the appearance of modes in the decision support systems (DSS) work that require a user to choose the option of formalizing such special cases. In fact, we are talking about an analyst's preferences regarding the “gray” or underspecified solutions.

Considering that the apparatus of the classical interval analysis objectively cannot exclude the appearance of the above modes in the DSS work, an analyst has three fundamental possibilities:

1) to allow the presence of “gray” modes, taking into account the increase in the number of quasi-optimal solutions;

2) to take actions of the primary data clarification, i.e. to ensure the narrowing of the permissible intervals of the initial data;

3) to use one of the methods of the cases formalization (for example, [4]) to ensure the unambiguity of the ranking interval alternatives result. Note, that the choice of any of these paths requires an analyst to consciously transform the objective uncertainty of the data, as well as a DSS to ensure the interactivity of the modes and the visibility of the simulation results.

References:

1. Гасумов Р. А., Гезалов С. К. Применение метода критического пути к построению кратчайшего по времени пути в транспортной сети в условиях интервальной неопределенности // Наука. Инновации. Технологии, №. 4, 2014, С. 13–33.
2. Левин, В. И. Антагонистические игры с интервальными параметрами // Кибернетика и системный анализ. 1999. № 4. С. 149–159.
3. Левин, В. И. Упорядочение интервалов и задачи оптимизации с интервальными параметрами / В. И. Левин // Кибернетика и систем. анализ. 2004. № 3. С. 14–24.
4. Complexification methods of interval forecast estimates in the problems on short-term prediction / Yu. Romanenkov, M. Danova, V. Kashcheyeva, O. Bugaienko, M. Volk, M. Karminska-Belobrova, O. Lobach // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 3, No. 3 (93). P. 50–58.

AUTOMATION OF IT SPECIALISTS EVALUATION PROCEDURES BASED ON THE ASSESSMENT CENTER METHOD

Svetlovsky A.Yu., Stratiienko N.K.

*National technical university
"Kharkiv polytechnic institute",
Kharkiv*

The prospects of development and success of any IT company largely depend on the efficiency of its personnel management. Evaluation of IT specialists is one of the most important and obligatory tasks in the personnel management system, as it is necessary for hiring, organizing effective adaptation of hired candidates, training and planning their career and motivation. Evaluation of personnel in the company is a time-consuming process, so its automation will allow managers to use resources most efficiently both for conducting assessments and analyzing the obtained results.

During the process of the research, a comparative analysis of qualitative and quantitative approaches to personnel evaluation was performed, and a justification was made for the choice of the Assessment Center method, which is currently one of the most accurate integrated evaluation methods. A software development task was formulated based on a comparison of existing automated personnel assessment systems.

The main task of the developed system is to automate the evaluation procedures of IT company personnel, as well as comparing the estimates obtained for each criterion, a full description of the demonstrations of all evaluated criteria and formation of the final portrait and distribution of social roles of the evaluated employee.

A database, a use case diagram, a component diagram and a deployment diagram were developed during the design process.

The test case was formed based on IT teams participating in IT projects of development of logistics networks for the distribution of consumer goods.

References:

- 1 Барышникова Е. Оценка персонала методом ассесмент-центра. – М.: Манн, Иванов И Фербер, 2013. – 256 с.
- 2 John Sponton, Stewart Wright , "What is an assessment centre?", Managing Assessment Centres, Pocketbooks, 2009.
- 3 Сергиенко С.К. Центр оценки: групповая деятельность, Управленческая технология, исследовательская лаборатория. Монография.— Москва: Издательский центр ГУУ, 1999.— 184 с.
- 4 Bray D.W., Grant D.L. The assessment center in measurement of potential for business management. // Psychological Monograph vol.80 (No17). - 1966.
5. Tina Lewis Rowe (2013), A Preparation Guide for the Assessment Center Method, Charles C Thomas Publisher, P. 24
6. Iain Ballantyne, Nigel Povah (2004), "What is an Assessment Centre?", Assessment and development centres, Gower Publishing.

AN APPROACH TO ASSESSMENT OF CROSS CUTTING FUNCTIONALITY IN LEGACY SOFTWARE SYSTEMS

Tkachuk M.V., Nagorniy K.A., Martinkus I.O.
V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv

There are various ways to characterize a nature of the crosscutting functionality (CF) and it's impact to object-oriented programming (OOP) style. To assess an impact, which CF makes to a structure of legacy software system (LSS) during it's evolution in maintenance, we propose to evaluate some quantitative facets of CF problem. To reach this goal it is proposed to perform next three steps [1]:

Step 1: Localize source code belonged to a particular CF in a given LSS. Although exists several source code analysis tools for CF localization, e.g., tool CIDE [1], this problem remains really complicated for automation and demands an expert in code structure and business-logic of an appropriate LSS.

Step 2: Calculate a specific crosscutting weight ratio of a particular CF in the system indicated as CF_{ratio} . This coefficient shows a ratio between OOP-classes, "damaged" by a particular CF and all OOP-classes included in the system, or it's projection, e.g. business logic realization without subordinate classes of a framework. This coefficient possible to represent as

$$CF_{ratio} = \frac{C_{cf}}{C_{cf} + C} , \quad (1)$$

where C_{cf} – number of classes in LSS, "damaged" with CF, C – number of classes free of CF. Obviously, that $CF_{ratio} \in [0;1]$, and if $CF_{ratio} = 0$, it means a particular functionality is not crosscutting; and if $CF_{ratio} = 1$, it means all classes are "damaged" with a particular CF.

Step 3: Calculate a residual crosscutting ratio indicated as RCR_{ratio} . This metric, based on DOS (Degree of Scattering) value, proposed in [14], namely "...DOS value is normalized to be between 0 (completely localized) and 1 (completely delocalized, uniformly distributed)". Nevertheless this metrics does not allow to asses "damage" degree, done by a particular CF, therefore we propose to refine DOS-metric in following way

$$RCR_{ratio} = DOS \cdot CF_{ratio} , \quad (2)$$

where DOS – Degree of Scattering; CF_{ratio} – specific crosscutting weight ratio of a particular CF. Similarly to CF_{ratio} , $RCR_{ratio} \in [0;1]$, if $RCR_{ratio} = 0$, it means that CF is localized in a separate module and it is no more crosscutting; if $RCR_{ratio} = 1$, it means that CF effects a whole system and is uniformly distributed.

To automate this approach and to compute the metrics given in formulas (1)-(2) the appropriate CASE-tool is implemented and tested successfully.

References:

1. Tkachuk, M. Models, Methods and Tools for Effectiveness Estimation of Post Object-Oriented Technologies in Software Maintenance / M.Tkachuk, K.Nagorniy and R.Gamzayev // V.Yakovyna et al. (Eds.): ICTERI-2015: Revised Selected Papers, Series title: Communications in Computer and Information Science, Vol. 594: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. – pp. 20-37.

USING DATA MINING APPROACHES TO IDENTIFY HIDDEN PATTERNS IN THE DATA SET

Turetskyi A. O., Zubenko A.O, Nazirova T.O.

***National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv***

Data mining is also known under many other names, including knowledge extraction, information discovery, information harvesting, data archeology, and data pattern processing. Data possibly be in different or extraordinary formats as it comes from different sources, irrelevant attributes and missing data. Consequently, data needs to be prepared before applying any kind of data mining.

Data size are generally growing from day to day and across all the fields, data are being collected and accumulated at a vivid pace. Analysis and evaluation of stored data may lead to the discovery of patterns hidden and trends within the data that could significantly strengthen understanding. The exemplary data mining process includes transmitting data originally accumulated in production systems into a data warehouse, cleaning or scrubbing the data to remove errors and check for succession of formats, and for further searching the data using neural networks or statistical queries or other methods machine learning.

A spatial database is a database that is enhanced to store and access spatial data or data that defines a geometric space. These data are often associated with geographic locations and features, or constructed features like cities. Data on spatial databases are stored as coordinates, points, lines, polygons and topology. Some spatial databases handle more complex data like three-dimensional objects, topological coverage and linear networks. Such spatial databases present new invocation to data mining algorithms.

Within data mining, there is a group of tools that have been developed by a research community and data analysis enthusiasts; they are offered free of charge using one of the existing open-source licenses. Open-source software development is the process by which open-source software, or similar software whose source code is publicly available, is developed by an open-source software project. These are software products available with its source code under an open-source license to study, change, and improve its design. The development and application of data mining principle requires use of very powerful software tools. As the number of available tools continues to grow, the choice of most suitable tool becomes increasingly difficult.

This survey paper summarizes various approaches and tools for medical data for E-health. Algorithms applied in this area would be valuable for researchers in medical assessment and medical Information Technology specialists to develop a decision support system aggregate classification and clustering techniques in information systems. It also highlighted the importance of locality techniques used for the processing medical information as specific data.

The studies presented are intended to highlight the motive force perceived as contributing to the success or otherwise of the data mining approach and as the same way an approach that can be used to expedite the initial stages of information analysis in order that the results obtained may be more thoroughly investigated.

ISSUES OF TOPICAL SEARCH AND ITEMS NORMALIZATION ON THE ONLINE MARKETPLACES

Yanholenko O.V., Sokolov D.V., Ivashchenko O.V.
*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv*

The share of online retail on the web is growing constantly. E-commerce sales reached 2842 billion U.S. dollars worldwide in 2018 and the trend of their increase is quite stable. In order to support this tendency, modern online retail platforms work on various improvements like image and voice search, animations, social shopping to attract more potential users. With all their advantages and overall high usability, the top online marketplaces (such as Amazon, eBay, Walmart Marketplace, etc.) still make their clients face particular difficulties while performing the search of the desired products.

When a buyer tries to search for the product in some category and doesn't know much about this type of goods (popular manufacturers, up-to-date characteristics), the task of selection of the appropriate item in the suggestion list of the online marketplace becomes not so easy [1]. In this case the search can be identified as the topical search meaning that a buyer doesn't know up front his/her exact needs that have to be satisfied by the product that is supposed to be purchased. Therefore the search terms are modified during the search process while the client narrows the preferences. The issues of the search on the online marketplace are caused by the fact that e-commerce involves millions of sellers that can offer the same products. Moreover, the same seller can offer exactly the same product several times creating multiple items on the platform. Thus, the set of similar items (that correspond to the same product) is big enough to make a human search on it quite sophisticated.

The information technology (IT) of search on the online marketplaces suggested in the given work covers the following stages: items search; items normalization; items matching; assessment of items similarity; items clustering; and items ranking for the client. The previous research in this area has shown that similarity analysis and items clustering give poor results without the preliminary stage of items normalization. Therefore this work emphasizes the importance of normalization that is considered as a process of generating a uniform representation of the item with all its fields brought to the generalized form. This is achieved by applying the principles of intelligence theory to modeling the process of human comparison of items and creating a generalized pattern with all fields filled based on the data from multiple items descriptions. The normalized item representation allows further to solve the matching problem and build the clusters of similar items.

References:

1. Mauge K. Structuring e-commerce inventory. / K. Mauge, K. Rohanimanesh, J.-D. Ruvini // Proc. of the 50th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. – 2012. – P. 805-814.
2. Dong Y. Normalization of duplicate records from multiple sources / Y. Dong, E.C. Dragut, W. Meng // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2018. – Vol. 31. – P. 769-782.

ПРОТОКОЛ БЕЗПЕКИ TLS

Битян О. І.

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці*

Ми використовуємо різні протоколи для забезпечення інформаційної безпеки в комп'ютерних мережах. Для криптографічної безпеки інформації часто використовується SSL / TLS (Secure Socket Layer / Transport Layer Security). Він розроблений компанією Netscape Communications. SSL / TLS спрямований на захист інформації, що передається між клієнтом і сервером комп'ютерної мережі. SSL став стандартом безпеки в Інтернеті через його переваги.

Цілями TLS є наступні (у порядку пріоритету):

1. Криптографічна безпека. TLS має використовуватися для безпечного з'єднання між двома партнерами.

2. Сумісність. Різні програмісти повинні вміти розробляти програми, які використовують TLS і зможуть успішно обмінюватися криптографічними параметрами, не знаючи прикладних можливостей один одного.

3. Розширюваність.

4. Відносна ефективність. Криптографічні операції потребують великої потужності процесора. Тому TLS має додаткову схему хешування сеансу. Це дозволяє зменшити кількість з'єднань, які використовують тимчасові буфери. Крім того, мережева активність була зменшена за рахунок певних заходів.

Алгоритми, які використовуються в TLS, можуть бути різними, залежно від версії протоколу. Є основні:

- для обміну ключами та його аутентифікації - використовуються RSA (асиметричний алгоритм), Diffie-Hellman (безпечний обмін ключами) або DSA (алгоритм цифрового підпису);

- Для симетричного шифрування - RC2, RC4, IDEA, DES, Triple DES або AES;

- Для хеш використовуються MD5 або SHA.

Починаючи з SSL 3.0 набір криптографічних алгоритмів був розширений (TLS 1.0 має дуже мало відмінностей від SSL 3.0, але вони не сумісні). Для аутентифікації взаємодіючих цифрових сертифікатів використовуються відкриті ключі, які відповідають стандарту x.509. Основою протоколу є технологія комплексного використання асиметричних і симетричних криптосистем. Він забезпечує безпечне підключення клієнт-сервер.

Література:

1. НД ТЗІ 1.1-003-99: Термінологія в області захисту інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу. Затверджено наказом ДСТСЗІ СБ України від 28.04.1999, № 22.

2. Грайворонський М.В. Безпека інформаційно-комунікаційних систем / М.В. Грайворонський, О.М. Новіков – К. : Видавнича група ВІІВ, 2009. – 608 с.

МОДЕЛЮВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ КОГНІТИВНИХ КАРТ

Вовк М.А.¹, Гавриленко З.В.¹, Яковлева О.В.², Горбач Т.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків

Електронне навчання – це перспективна модель навчання, що заснована на використанні нових мультимедійних технологій для підвищення якості навчання, шляхом полегшення доступу до ресурсів і послуг. Запропоновано використання когнітивних карт для моделювання навчального курсу. Когнітивна карта – це різновид математичних моделей для формалізації складної системи у вигляді множини концептів, які відображають її системні змінні, та виявлення причинно-наслідкових зв'язків та відношень між ними з урахуванням впливу на ці змінні або характер відношень. Когнітивну карту навчального курсу запропоновано формалізувати у вигляді орієнтованого зваженого графу. Відношення між концептами мають вагові коефіцієнти $w_{ij} \in [0,1]$, позитивні значення яких визначають вплив концептів. Розроблено модель подання навчального матеріалу у вигляді когнітивної карти, де концептами є навчальні теми, орієнтовані дуги визначають послідовність вивчення тем, а вагові коефіцієнти визначають вплив вивчення теми для подальшого просування по матеріалам курсу. Вагові коефіцієнти визначаються як сумарний вплив на послідовність тем, які обрано для вивчення та визначають траєкторію навчання. Вплив i -го концепта на j -й визначається як

$$v_{ij} = \max_l \prod_{p \in P} (w_{p,p+1}),$$

де $P = \{i, z_1, z_2, \dots, z_m, j\}$ визначає послідовність вивчення тем $K_i \rightarrow K_j$ відповідно до когнітивної карти навчальних матеріалів, тобто шлях між концептами K_i та K_j , z_l – номер теми на цьому шляху.

Введено кількісну характеристику навчальної траєкторії як функцію сумарної важливості $F(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^N x_i \left(\alpha c_i + \beta \frac{1}{|M|} \sum_{j=1}^N x_j v_{ij} \right)$, де x_i – бінарна змінна, $i \in \{1, \dots, N\}$, яка визначає обрання концепту для вивчення ($x_i = 1$, якщо концепт входить до індивідуальної траєкторії навчання), N – кількість концептів, c_i – експертна оцінка важливості концепту, v_{ij} – вплив i -го концепту, $|M| = \sum_{i=1}^N x_i$. Запропонована модель індивідуальної траєкторії навчання в залежності від умов та обмежень надає можливість відбирати навчальний матеріал на основі кількісних характеристик з урахуванням взаємного впливу вивчення різних тем.

Таким чином, отримав подальший розвиток формальний опис структури індивідуальної освітньої траєкторії на основі використання методу когнітивних карт, що дозволяє зменшити час на розробку електронного курсу відповідно до індивідуальних потреб користувача.

МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО СИНТЕЗУ КОНФІГУРАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО КАНАЛУ ДИСТРИБ'ЮЦІЇ

Годлевський І.М.

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

Першим етапом формування організаційної структури управління територіально розподіленою логістичною системою дистриб'юції є формування конфігурації логістичного каналу. У роботі ця задача реалізується на основі багатокритеріального структурно-параметричного синтезу. На основі розгляду та аналізу об'єкта дослідження виділено дві групи змінних. Перша визначає його структуру S (structure), а друга P (parameter) – параметри системи для кожного варіанту структури. Крім цього використано узагальнений вектор параметрів Π , які не змінюються у ході вирішення задачі. Структурно-параметричний синтез реалізується на основі двох груп критеріїв

$$F = \{F_i\} = \{f_i(S, P, \Pi), i \in I\} \quad (1)$$

$$\Phi = \{\Phi_j\} = \{\phi_j(S, P, \Pi), j \in J\}. \quad (2)$$

Область припустимого варіювання векторів змінних S і P визначається наступними обмеженнями

$$q_g(S, P, \Pi) \leq b_g, g \in G, \quad (3)$$

де I – множина критеріїв, які характеризують фінансові показники, пов'язані з побудовою та функціонуванням логістичного каналу, а J – множина критеріїв, які пов'язані з рівнем якості споживчого сервісу. Перша та друга група критеріїв є суперечливими. G – множина обмежень, а $\{b_g\}$ – вектор параметрів, які визначають обмеження на структуру і параметри системи.

Таким чином, стоїть задача визначення деякої множини ефективних рішень вектора змінних (S, P) на основі оптимізації векторних критеріїв (1), (2) при обмеженнях (3). Будемо вважати, що це множина V . Далі на основі верхньої та нижньої меж вагових коефіцієнтів комплексних критеріїв, які формуються на основі (1), (2), формується множина $V \subseteq \bar{V}$. Задача, яка розглядається, відноситься до стратегічного планування і тому далі у роботі враховується стійкість сформованих ефективних рішень і множина $\bar{V}$ звужується, як правило, до одного варіанту, який і визначається особою, що приймає рішення. Для вирішення цієї проблеми може бути використаним максимальний критерій, який є одним з фундаментальних.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЗРІЛОСТІ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ CMMI ТА SPICE

Годлевський І.М., Бурлаков Г.О., Малець Д.К.

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

Для оцінки зрілості процесу розробки програмного забезпечення (ПР ПЗ) існують різні підходи та моделі, серед яких необхідно виділити дві основні [1, 2]:

- Capability Maturity Mode Integration – CMMI;
- Software Process Improvement and Capability dEtermination – SPICE.

До основних понять моделі зрілості CMMI відносяться: фокусна область, яка представляє категорію дій, пов'язаних з окремою дисципліною процесу розробки; практика, яка описує окрему дію у межах відповідної фокусної області. CMMI реалізовано у двох варіантах: дискретному та безперервному, у яких визначені такі поняття як «рівень зрілості» та «рівень можливості». Відповідно до моделі CMMI ПР ПЗ організації має 5 рівнів зрілості. CMMI використовується для зовнішнього аудиту організації розробника ПЗ, забезпечує атестацію ПР ПЗ з отриманням відповідного сертифікату. Основні недоліки моделі CMMI у тому, що вони не враховують особливості організації, ПР ПЗ якої оцінюється: методології, моделі ПР ПЗ; предметна область (області) діяльності організації, розмір проектів і т. і.

Основним поняттям моделі зрілості SPICE є: практика – діяльність, яка вносить внесок у цілі процесу для збільшення його можливості; процес – сукупність взаємопов'язаних видів діяльності, які перетворюють входи у виходи; атрибут – оцінка процесу (вимірювальна характеристика можливості процесу).

У відмінності від CMMI, модель зрілості SPICE реалізована тільки в одному варіанті – безперервному. Тому SPICE визначає тільки поняття «рівень можливості» для оцінки окремо взятих процесів і не дозволяє отримати оцінку ПР ПЗ організації у цілому.

Зважаючи на те, що модель зрілості CMMI не дозволяє урахувати особливості організації, а модель зрілості SPICE не забезпечує одержання агрегованої оцінки якості ПР ПЗ організації актуальною стає задача розробки гнучкої структури моделі зрілості SPICE, основною ціллю якої буде можливість додатково урахувати особливості організації, ПР ПЗ якої оцінюється. У цьому випадку модель SPICE буде спрямована на внутрішній аудит.

Література:

1. Mutafelija, B. Process improvement with CMMI v1.2 and ISO standards / B. Mutafelija. – Auerbach Pubs. – 2009. – 406 p.
2. Ahern D.M. . CMMI Distilled: A Practical Introduction to Integrated Process Improvement, Third Edition / D.M. Ahern, A. Clouse, R. Turner. – Addison-Wesley. – 2008. – 288 p.

ПРОЦЕС ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ БІЗНЕС-ІНФОРМАЦІЇ ІНЖИНІРИНГОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Гонтар Ю.М., Матвеев О.М., Цейко А.А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Забезпечення процесу підтримки прийняття рішень на підприємстві формує вимоги до інформаційних джерел, які забезпечують необхідними даними процес прийняття рішення. Необхідні дані формуються з накопиченого підприємством досвіду і доповнюються інформацією з зовнішніх джерел. Вивчення і вдосконалення технологічних аспектів інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень в умовах неповноти інформації є актуальним завданням.

У процесі дослідження в якості прикладу була розглянута промислова інжинірингова компанія, яка надає проектно-консультативні та технологічні послуги. Процес створення інжинірингового проекту починається з фази побудови попереднього технічного завдання, основою якого буде бізнес-інформація (БІ), яка вже накопичена на підприємстві у вигляді досвіду раніше виконаних проектів. Фактично, процес використання досвіду являє собою аналіз прецедентів, які повинні зберігатися в репозиторії підприємства. Таким чином, виникає завдання пошуку БІ у внутрішніх джерелах підприємства. Доповнення необхідною інформацією існуючого проектного рішення здійснюється з зовнішніх інформаційних джерел по відношенню до компанії, і існує задача збору інформації з таких джерел.

Модель пошуку БІ в залежності від розміщення інформаційного джерела складається з:

- пошуку у репозиторії підприємства серед спеціально підготовлених документів з мета описами, які будуються на основі моделі, яка дозволяє здійснювати семантичний пошук відповідно до вимог нового проекту;
- пошуку в веб-просторі на основі моделі, яка в якості базових елементів використовує розмітки html сторінки і її ключові слова, які дозволяють відносити знайдену БІ до тематичних каталогів сховища.

З огляду на інтелектуальну складову процесів збору та обробки інформації і пов'язану з ними аналітичну обробку, агентна парадигма розробки програмних систем представляється найбільш прийнятною як з точки зору основних принципів автоматизації, так і з позицій сучасних підходів в програмній інженерії. Онтологічний підхід дозволяє впоратися з такою складною проблемою, як узгодження концептуальних описів інформаційно-інтелектуальних ресурсів, складених різними фахівцями, коли є різні, узгоджені один з одним концептуальні описи, що містять двозначності і не забезпечують семантичну вивіренисть результатів роботи.

Подальший напрямок проведення досліджень буде сконцентровано на вивченні проблем представлення знань та створення формалізації даних та знань з можливістю динамічної адаптації моделі предметної області, а також зміни границь компетентності з метою автоматизації процесів моделювання та автоформалізації знань щодо предметної області.

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ГЕНЕРАЦІЇ АЛГОРИТМІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АБСТРАКТНИХ ГРАФ-СХЕМ

Дмитрієва О.А., Бобков К.М.

*Донецький національний технічний університет,
м. Покровськ*

Робота присвячена розробці методів генерації алгоритмів за допомогою абстрактних граф-схем. Графічний опис алгоритмів [1-3] є невід'ємною частиною розробки програмного продукту, який не тільки спрощує написання програми, але й забезпечує розуміння принципів її роботи іншими розробниками.

Проведене у роботі дослідження методів генерації алгоритмів спрямовано на полегшення роботи працівників у сфері інформаційних технологій шляхом автоматизації процесу будування та графічного відображення різних алгоритмів. У ході дослідження були проаналізовані методи представлення алгоритмів за допомогою різних типів граф-схем [4], досліджено особливості кожного з підходів, та на підставі проведеного дослідження запропоновано використання алгоритму, який візуалізує дерево як кущ, при якому граф розкладається на рівні та візуалізуються усі ребра.

Для обраного метода виконана програмна реалізація. В загальному вигляді програмне рішення генератора абстрактних граф-схем алгоритмів має вигляд, наведений на рис.1. Даний алгоритм візуалізує планарний граф так, що він стає схожим на зображення куща. Проводиться обхід вершин шарами від кореня. У кожний новий шар додаються потомки вершин попереднього слою, що дозволяє дуже добре візуалізувати дерева та планарні графи.



Рисунок 1 – Структура розробленого програмного продукту

Література:

1. Оре О. Графы и их применение / О. Оре. - М.: Едиториал УРСС, Ленанд, 2015. – 208 с.
2. Плоскі графи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/211.html>.
3. Построение плоской укладки планарного графа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://homelesskirov.livejournal.com/702.html>.
4. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / Э.Майника. - М.: Мир, 2015. – 431 с.

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Заїка Т. С., Ворона Б.М., Чередніченко О.Ю.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Перехід від централізованої розробки програмного забезпечення (ПЗ) до децентралізованої обумовлений, в першу чергу, реаліями сучасних ІТ-технологій. Нинішній ступінь управління характеризується різноманітністю і складністю керованих об'єктів, а також вимогами до проєктованих систем управління. Присутність великої кількості взаємодіючих керованих і керуючих величин, ускладнює ці проблеми і ставить нові. Для подолання труднощів, які виникають при розробці для таких систем, на передній план висувається вимога децентралізації. Децентралізований підхід передбачає розподіл функцій управління по окремих елементах складної системи, кожна з яких має свою інформаційної, алгоритмічної, матеріальної, технічної та іншими базами.

Сучасні способи комунікації дозволяють об'єднувати людей, що знаходяться в різних країнах, що робить децентралізовану розробку програмного забезпечення доступною. Це дозволяє обрати найбільш кваліфікованих фахівців і об'єднати їх в робочу групу. Однак, електронна пошта, засоби передачі миттєвих текстових повідомлень, відеоконференції і інші інструменти групової роботи, безумовно, є засобами комунікації в децентралізованій роботі, однак, мають і недолік: при відсутності на робочому місці учасника проєкту через різницю робочого часу, пов'язаного з проживанням в іншому часовому поясі, не вдається узгодити ті чи інші питання по проєкту. До недоліків управління розробкою програмного забезпечення можна віднести:

- Складність контролю над якістю ІТ-продукту.
- Збільшення термінів створення програмних продуктів в процесі комунікації робочих груп.
- Вирішення питань, пов'язаних з координацією дій розрізнених робочих груп.

У зв'язку з тим, що наймані робітники не є власниками компаній, тому вони об'єктивно не зацікавлені в зростанні стратегічних результатів підприємства на рівних з власниками. Прив'язка до посадового окладу не сприяє продуктивній роботі, а застосування моделі з винагородою, пропорційним досягається результатами, на основі делегування не тільки повноважень, а й відповідальності в матеріальній, рейтингової та інших сферах сприяє розвитку підприємницького способу мислення працівників в розвинених країнах. Причина зосередження на прибутку полягає в тому, що прибуток є запорукою успіху добросовісної, надійної і стійкої роботи децентралізованого програмного продукту.

Застосування децентралізації в розробці ПЗ має ряд переваг, основними з них є: децентралізація компонентів системи в просторі, отримання більш надійної системи управління, так як наближає керуючий орган до об'єкту і значно спрощує структуру системи, а також вихід одного учасника проєкту не впливає на роботу всієї системи в цілому.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МИКРООПЕРАЦИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПАКОВКИ МИКРОКОДА

Кожин Ю.Н., Прокопенков В.Ф.

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

Каждая микрооперация вычислителя при формировании ресурсно-временной модели может рассматриваться как «серый ящик» – микрооперация преобразует входные данные в выходные, используя некоторый функциональный ресурс. При таком подходе микрооперация характеризуется набором ресурсов $R_{op}=\{r_i, i=1,n\}$ и моментами их занятости $T_{op}=\{<t_i^b, t_i^e>, i=1,n\}$. Значения t_i^b могут быть отрицательными числами. Физический смысл отрицательных моментов состоит в том, что окончание использования данного ресурса в предшествующих микрооперациях должно наступать за интервал времени t_i^b до начала исполнения данной микрооперации.

Под входными ресурсами будем понимать ресурсы, которые хранят значения необходимые для формирования результата. Микрооперация может не иметь входных ресурсов. Входные ресурсы будут характеризоваться моментами начала t_r^b на считывания информации и моментами окончания использования t_r^e ресурса. На интервале времени от t_r^b до t_r^e изменение данных, которые хранятся во входном ресурсе запрещено. В ходе выполнения микрооперации один и тот же ресурс может использоваться в качестве входного несколько раз. В таком случае в модель микрооперации войдёт момент первого начала использования ресурса $t_r^b = \min \{t_r^{bi}, i=1,m\}$ и момент окончания последнего использования ресурса $t_r^e = \max \{t_r^{ei}, i=1,m\}$.

Под выходным ресурсом микрооперации понимается ресурс, в котором сохраняется результат выполнения микрооперации. Микрооперация должна иметь хотя бы один выходной ресурс. Выходные ресурсы будут характеризоваться моментами начала t_w^b на изменения данных и моментами окончания использования t_w^e ресурса. На интервале времени от t_w^b до t_w^e запрещается изменение данных, которые хранятся во входном ресурсе, а также использование этого ресурса в качестве входного ресурса. В ходе выполнения микрооперации один и тот же ресурс может использоваться в качестве выходного несколько раз. В таком случае в модель микрооперации войдёт момент первого начала использования ресурса $t_r^b = \min \{t_r^{bi}, i=1,k\}$ и момент окончания последнего использования ресурса $t_w^e = \max \{t_w^{ei}, i=1,k\}$.

В общем случае один и тот же ресурс микрооперации может быть использован и как входной и как выходной. Такой ресурс в модели микрооперации будет учтён дважды.

Функциональные ресурсы в модели микрооперации могут быть учтены как выходные. Если функциональный ресурс всегда используется совместно с каким-либо другим выходным ресурсом, такой функциональный ресурс может быть исключен из набора ресурсов микрооперации.

ЗБІР ТА АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ МОРСЬКИХ АКВАТОРІЙ

Козуля Т.В., Свірідова А.С.

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

При розробці програмного продукту, для нової предметної області існують ризики отримання результату, що не відповідає меті технічного завдання. Для усунення таких ризиків необхідно звернути увагу на вимоги до програмного забезпечення (ПЗ) [1–2]. У даній роботі розглянуті питання збору та аналізу вимог до програмного забезпечення для комплексного моніторингу морських акваторій «НДС Еколог».

Програмна система «НДС Еколог» для забезпечення безперервного спостереження за станом морських акваторій відзначається складною структурою, високою трудомісткістю обробки, зберігання і маніпулювання даних у зв'язку з їх значним обсягом.

Програмне забезпечення цієї системи становить масштабний комплекс програм з автоматизації моніторингових досліджень. Однак, за попереднім аналізом функціональних можливостей ПЗ «НДС Еколог» з контролю якості середовища життєдіяльності дельфінів не є достатнім і потребує додаткових модулів.

Таким чином, подальший розвиток цієї моніторингової системи пов'язаний з задачею збору та аналізу вимог до удосконаленого ПЗ «НДС Еколог».

Збір вимог до програмного забезпечення при введенні додаткових модулів проводиться на основі аналізу нормативної документації, бізнес-процесів моніторингових досліджень у відповідності до положень програмної інженерії. Визначені вимоги потребують перевірки на цілісність і відсутність протиріч у їх змістовності для подальшого документування відповідно до міжнародного стандарту рекомендацій з розробки специфікацій вимог до програмного забезпечення IEEE Std 830-1993. У ході документування вимог з моделювання бізнес-процесів та відображення функціональних вимог було використано нотацію UML, для створення моделей використовувався CASE-засіб Visual Paradigm.

Література:

- 1 Храбатин О.В. Вимоги до сучасного програмного забезпечення систем моніторингу навколишнього середовища об'єктів нафтогазової галузі / О.В. Храбатин, Р.І. Храбатин, Г.В. Григорчук, Л.В. Саманів // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2011. – № 3(29). – С. 100–103.
- 2 Соммервил І. Инженерия программного обеспечения; пер.с англ./ И. Соммервил.– Москва–Санкт–Петербург–Киев, 2002. – 623 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЛАДОВИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТАНУ КОНТИНГЕНТУ СТУДЕНТІВ ЗВО

Кондратьєв В.Ю., Копп А.М., Орловський Д.Л.

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

На сьогоднішній день сфера освітньої діяльності потребує автоматизації через велику кількість інформації про стан студентів, необхідної для зберігання, переробки і аналізу. Основними показниками роботи студентів є успішність з дисциплін і відвідуваність занять. Саме тому головною задачею аналізу стану контингенту студентів ЗВО (Заклад Вищої Освіти) стає оперативний облік, контроль та аналіз показників поточної відвідуваності студентів, поточної та семестрової успішності студентів. Одним з засобів такого аналізу є побудова траєкторій та виявлення, пов'язаних з ними, ПС (Проблемна Ситуація) показників стану контингенту студентів. Процедура виявлення ПС полягає у визначенні приналежності фактичних значень до інтервалу допустимих відхилень від цільових показників. Однією з альтернатив надання цих даних кінцевим користувачам є приладова панель – інструмент графічної візуалізації показників. Будь-яка панель індикаторів складається з декількох взаємопов'язаних технологічних шарів. Шар візуалізації забезпечує узагальнене подання інформації про стан КПЕ (Ключовий Показник Ефективності). Шар інформації містить дані, на підставі яких у верхньому шарі будуються графічні показники. У шарі інтеграції зберігається інформація про джерела даних і про механізми оновлення інформації. Шар транзакцій дозволяє переглядати детальні звіти і повідомлення про транзакції, зокрема, рахунки, документи відвантаження або продажу[1].

Одночасно інформативним та простим для розуміння інструментом в верхньому шарі приладових панелей виступають індикатори. Індикатори можуть бути представлені в декількох варіантах візуалізації (рис. 1). Для індикаторів потрібно налаштувати шкалу оцінки фактичних значень в розрізі показника. Кожна оцінка відображається певним кольором, що спрощує аналіз значень показника. Середній шар дозволяє проводити аналіз і обробку даних за багатьма вимірами: нижній шар дозволяє аналізувати окремі транзакції і документи. Панелі показників надають керівникам різних рівнів достовірну і своєчасну інформацію для прийняття обґрунтованих рішень.

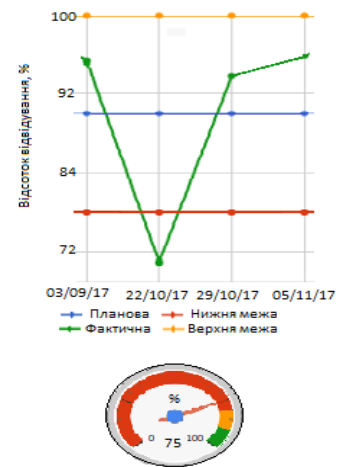


Рис.1 – Індикатори
відвідуваності

Література:

1 Еккерсон У.У. Панелі індикаторів як інструмент управління: пер. з англ. / У.У. Еккерсон - М.: Видавничий дім "Вільямс", 2012. – 396 с.

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ДИНАМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Лукінова Д.А., НІКУЛІНА О.М., Северин В.П.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Інформаційна технологія оптимізації управління складними динамічними системами на етапі їх проектування повинна реалізовувати можливості моделювання лінійних і нелінійних динамічних систем, аналізу і синтезу таких систем, їх оптимізації за різними критеріями якості. Створення такої технології актуально для модернізації управління енергоблоками АЕС.

Мета доповіді полягає в розробці структури та елементів інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами, зокрема автоматизованих систем управління (АСУ) енергоблоком АЕС.

Загальна структура інформаційної технології (ІТ) аналізу та синтезу систем включає 6 основних функціональних елементів: блок моделей систем (БМС), модуль методів інтегрування (ММІ), модуль критеріїв систем (МКС), блок методів оптимізації (БМО), модуль структур даних (МСД) та модуль представлення інформації (МПІ).

Блок моделей систем призначений для завдання параметрів моделей АСУ, відповідних систем диференціальних рівнянь (СДР) та передавальних функцій (ПФ). В цей блок входять моделі ядерного реактора, парогенератора, парової турбіни, їх АСУ, АСУ водопідготовки, енергоблоку та його АСУ, й інші моделі. АСУ включають регулятори різних типів. Модуль методів інтегрування пов'язаний з БМС і призначений для розв'язання СДР різними методами інтегрування. В цей модуль обрані матричні методи інтегрування: метод матричної експоненти, системні методи першого, другого та третього ступенів. Модуль критеріїв систем призначений для обчислення різних критеріїв АСУ на основі їх моделей у вигляді СДР або ПФ. Цей модуль включає: критерії стійкості АСУ, критерії ідентифікації, методи обчислення прямих показників якості на основі інтегрування СДР, методи обчислення інтегральних квадратичних оцінок на основі ПФ.

Блок методів оптимізації призначений для розв'язання задач ідентифікації параметрів моделей та синтезу оптимальних АСУ. Цей блок містить методи одновимірного пошуку, методи багатовимірної безумовної оптимізації, методи умовної оптимізації, методи мінімізації суми квадратів, методи глобального пошуку, генетичні алгоритми, векторні методи оптимізації. БМО використовує функції МКС. Для взаємодії всіх елементів ІТ розроблений модуль структур даних. У цей модуль входять структура постійних параметрів задач оптимізації, структура даних процесів оптимізації, структура функцій для задач оптимізації та методи обробки цих структур. Модуль представлення інформації призначений для табличного та графічного виводу інформації щодо розв'язання задач аналізу, ідентифікації та синтезу АСУ. Цей модуль використовує структури даних з попереднього модуля.

Представлена структура ІТ використана для оптимізації управління енергоблоком АЕС і дозволяє розв'язувати широке коло задач оптимізації.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ ПРОДАЖІВ ДЛЯ МАЛОГО БІЗНЕСУ

¹Лук'яшко В.В., ¹Воловщиков В.Ю., ²Шапо В.Ф., ¹Хацько Н.Є.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса

Процес продажів товарів та обслуговування клієнтів складається з ряду стандартних операцій, які необхідно виконувати продавцю. Повністю замінити продавця роботом в теперішніх умовах дуже складно, але можна звільнити продавця від частки зайвої роботи та зменшити обсяги потенційних втрат. В загальному обсязі втрат є втрати, які несе бізнес через ігнорування систем автоматизації. Саме завдяки автоматизації в результаті можна оперативно отримувати повну інформацію щодо бізнесу в режимі реального часу. Однак малий бізнес не завжди має у розпорядженні потрібні ресурси для придбання/впровадження систем автоматизації, які до того ж повинні повністю забезпечувати його потреби [1]. Виходячи з цього, розв'язок задач автоматизації обліку продажів для малого бізнесу є актуальним.

В роботі було проаналізовано найбільш значущі проблеми автоматизації продажів для малого бізнесу: вартість системи, безпека даних, приховані витрати, вимоги до оновлення програмного та апаратного забезпечення, комунікація з периферійним обладнанням та його програмна адаптація під вимоги бізнесу. Відповідно до аналізу в роботі розглядаються шляхи вирішення ключових проблем за рахунок створення конфігурації мобільного додатку під керуванням операційної системи Android з мінімальними витратами на апаратне забезпечення та мінімальним набором периферійного обладнання (сканер штрих-кодів, ваги, термальний принтер чеків та термінал еквайрингу). Саме така конфігурація є найбільш популярною та економічно доцільною.

Безпосередньо отриманню мобільного додатку обліку продажів для малого бізнесу повинно передувати аналіз вимог, проектування, розробка, тестування та безпосередньо його впровадження. Тому додатково необхідно виконати відповідну інтеграцію мобільного додатку та фірмових програмних рішень (Android SDK) для периферійних пристроїв за їх наявності. Таким чином, в даній роботі розроблено та формалізовано технічне завдання; розроблено еволюційний прототип мобільного додатку; адаптовано програмні рішення термальних принтерів чеків HSPOS та Xprinter з підтримкою друку тексту за напрямленнями RTL та LTR; розроблено програмне рішення для ваг CAS SW з підтримкою передачі даних з використанням COM порту; адаптовано програмне рішення терміналу еквайрингу "Приватбанку".

Результати, що були отримані в даній роботі, у подальшому можуть бути використані безпосередньо для розробки та впровадження мобільного додатку обліку продажів для малого бізнесу.

Література::

1. Функциональная схема рабочего места [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://torgsoft.ua/articles/praktika-primeneniya/articles4.html>

ПРОБЛЕМА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТЕСТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПІДХІД ДО ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Лютенко І.В., Курасов О.І., Журавель А.Д.

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

Велика частина сучасного програмного забезпечення являє собою складну, багатокomпонентну систему зі значною кількістю програмного коду. Тестування дозволяє запобігати і виправляти дефекти, перевіряти відповідність програмного забезпечення вимогам, висунутим замовником і зацікавленими сторонами. Процес тестування суттєво обмежений ресурсами. Об'ємне і детальне тестування всього комплексу розробленого програмного забезпечення дуже складно і невигідно з економічної точки зору. Метою дослідження є знаходження показників, які можна використовувати для визначення цінності і корисності тестів програмного забезпечення. Обсяг автоматизації тестування може стати важливим показником якості тестування. Також це зменшує вплив людського фактора на тестування. Більшість тестів реалізовані програмно, що дозволяє оцінювати їх як окрему програмну систему з власними взаємопов'язаними компонентами. При оцінці тестів як програмного коду можна використовувати такі властивості коду як відповідність угодам, чистота коду, тощо. У разі, коли порівняння і оцінка виконуються з урахуванням великої кількості критеріїв, виникає проблема, яка полягає в тому, що формальне порівняння за значеннями критеріїв стає неможливим, а спроба зменшити їх кількість призводить до зменшення якості кінцевого результату в наслідок його віддалення від реальності. Впоратися з цими проблемами можна, якщо для зменшення розміру задачі використати метод послідовного агрегування станів, що класифікуються. Процедура оцінки в цьому випадку включає в себе кілька основних етапів:

1. Побудова ієрархічної системи критеріїв агрегованих програмних тестів. Процес побудови полягає в створенні інтегральних показників, які об'єднують вихідні критерії, які були обрані особою, яка приймає рішення, як ключ для оцінки якості тестів.

2. На другому етапі проводиться послідовна побудова шкали для кожного скомпільованого критерію, який є найбільш показовою комбінацією оцінок вихідних критеріїв.

3. На третьому етапі проводиться остаточний вибір найкращого списку тестів з результуючого складного простору критеріїв.

Даний методологічний підхід володіє деякою універсальністю, оскільки дозволяє оперувати як якісною, так і кількісною інформацією, представляючи кожен сукупний градаційний критерій у вигляді комбінацій оцінки вихідних показників. Розробка підходу до оцінки якості тестів програмного забезпечення поліпшить результати тесту, скоротить час і інші ресурси для пошуку дефектів у програмній системі і дозволить швидко усунути недоліки поточного підходу до тестування в довгостроковій перспективі.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ПОСТАЧАЧІВ

Малєєва О.В., Єлізеєва А.В.

***Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»,
м. Харків***

В роботі розглядаються питання управління логістикою постачання виробничого підприємства. Для підвищення ефективності логістичних процесів треба застосовувати сучасні інформаційні технології, що дозволяють оцінювати й приймати ефективні рішення на основі моделювання процесів постачання ресурсів з урахуванням параметрів виробництва та змін зовнішнього середовища.

Запропонована інформаційна технологія (ІТ) підтримки прийняття рішень має такі функціональні можливості модулів: збір і аналіз вихідної інформації; розв'язання задач управління закупівлями на основі математичних моделей з урахуванням вхідної інформації; подання результату вирішення вказаних задач.

Основну інформацію для прийняття рішень одержують шляхом моделювання впливу параметрів зовнішнього середовища на параметри процесу постачання ресурсів. Архітектура ІТ складається з таких модулів, як модуль агентного імітаційного моделювання, веб-сайт інформаційної підтримки проведення тендеру, програмний додаток оцінювання переважності конкурсних замовлень постачальників, інтегрована база даних [1].

Модуль агентного імітаційного моделювання реалізує функцію аналізу змін обсягів попиту й ринку конкурентів. На основі отриманої інформації відбувається розрахунок відповідних обсягів виробництва і, отже, обсягів постачання ресурсів за допомогою математичних моделей. З урахуванням обсягу закупівлі, що планується, визначають необхідну кількість постачальників й оптимальні параметри процесу закупівлі.

Під час моделювання вирішуються такі локальні задачі управління постачанням: - збір інформації про зміну параметрів зовнішнього середовища й підприємства та її подальший аналіз; визначення обсягу виробництва продукції та кількості постачальників ресурсів; розрахунок обсягів матеріалів, що закуповуються, й комплектуючих, а також кількості постійних постачальників ресурсів; вибір постачальника з постійних або нових претендентів з урахуванням узгодження цін на ресурси; визначення кількості обладнання, що закуповується, та вибір постачальника обладнання.

Застосування розробленої прикладної ІТ дозволяє проводити науково-обґрунтоване вирішення задач управління постачанням та приймати рішення по зниженню витрат й скорочення часу на матеріально-технічне забезпечення виробництва.

Література:

1. Малєєва О. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень з управління закупівлями виробничого підприємства / О. Малєєва, А. Єлізеєва, Н. Косенко, В. Невлюдова // *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. - 2018. - № 3 (5). - С. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.5.057>.

АНАЛІЗ АРХІТЕКТУРНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Москаленко В.В., Афанас'єв О.В., Фонта Н.Г.

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

Основною метою розробки і реалізація програмних рішень для інформаційно-аналітичної підтримки процесів стратегічного контуру управління є підвищення ефективності управлінських рішень щодо розвитку підприємства. Ринок програмних систем такого рівня є досить широким, на ньому присутні як великі корпоративні продукти компаній IBM, SAP, Oracle, Microsoft, так і малі open-source проекти. Але у випадку як перших, так і других систем використання їх може бути пов'язано з деякими ускладненнями. Наприклад, великі системи важко інтегруються з системами інших виробників програмних систем, залежать від самої платформи розробки. Невеличкі open-source продукти мають досить обмежений функціонал і також не забезпечують механізм інтеграції з іншими інформаційними системами. Оскільки стадії стратегічного управління є досить складними, складаються з безлічі процесів, кожен з яких потребує аналізу великого обсягу інформації з різних джерел, то для побудови програмних систем стратегічного рівня використовується модульний підхід. Це передбачає виділення окремих модулів, які мають логічну функціональність. Одним з найпоширеніших архітектурних шаблонів модульного програмування є сервіс-орієнтована архітектура (Service-oriented architecture, SOA). Сервіси в SOA це найчастіше модулі бізнес-логіки високого рівня, взаємодія між якими зводиться до обмеженого числа повідомлень за змістом бізнес-логіки. Для підприємства, що має вже працюючі програмні системи (наприклад, ERP, CRM), впровадження програм на базі SOA надає такі можливості: слабо-зв'язана інтеграція, розширення та заміна функціональності без впливу на всю інформаційну екосистему підприємства. Для інтеграції систем стратегічного управління з системами оперативного контуру управління, для аналізу даних з інших інформаційних джерел використовують ETL (Extract, Transform, and Load) технологію. Значним недоліком ETL вважається batch орієнтована схема роботи, тобто дані оновлюються і завантажуються через певний проміжок часу. На підприємствах, які використовують великі обсяги даних, такий процес може бути неефективним. Тому в останні часи з розвитком Big Data технологій значного поширення починає набути data streaming, особливістю якого є обмін даними між системами в реальному часі. Все більше компаній, таких як, наприклад, Netflix та Uber, переходять із звичайних ETL засобів до потоків даних. На даний момент найпопулярнішою і найстабільнішою реалізацією вважається Apache Kafka – платформа обробки потоків даних з відкритим кодом, розроблена Apache Software Foundation. Також є готова реалізація інтеграції з продуктами компаній SAP і Oracle. Ця система надає можливість оперувати не тільки даними між базами та сховищами даними, а й між подіями додатків, що ідеально підходить для розподілених систем і сервісів.

МОДУЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Нікуліна О.М., Северин В.П., Коцюба Н.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Синтез оптимальних систем автоматичного управління (САУ) є актуальним завданням при модернізації енергоблоків енергосистеми України.

Мета доповіді полягає в описі модуля представлення інформації для інформаційної технології оптимізації САУ.

У модулі представлення інформації для задач оптимізації реалізовані текстові та графічні можливості інформаційної технології у трьох підмодулях.

У підмодулі `viewtab` знаходяться функції табличного представлення процесу оптимізації: формування і відображення лінії; перетворення цілого числа в рядок; перетворення дійсного числа в рядок; перетворення дійсного числа в рядок з максимальною точністю; перетворення вектора в рядок; перетворення вектора в рядок з максимальною точністю; перетворення вектора в рядки по заданому числу координат; перетворення рядків матриці в символні рядки; відображення вектора у форматі `long`; заповнення рядка пропусками, формування рядка дати і часу; формування рядка дати і часу створення файлу; відображення шапки таблиці процесу оптимізації; відображення результатів оптимізації. Підмодуль `viewgraph` містить функції графічного представлення процесу оптимізації: обчислення меж аргументів для побудови графіків; загальна підпрограма формування графічних масивів; формування графічних масивів функції однієї, двох і трьох змінних; збереження у файлі графічних масивів функцій двох змінних; відображення графіків траєкторії оптимізаційного пошуку; відображення графіків траєкторії оптимізації функції однієї, двох, трьох і більш змінних; побудова графіків поверхонь функцій; відображення траєкторії пошуку з кращими точками; відображення траєкторії пошуку для однієї, двох і більше двох змінних; відображення траєкторії пошуку зі всіма точками; відображення траєкторії пошуку зі всіма точками для двох і більш змінних; топографічна кольорова карта; відображення графіків траєкторії пошуку; завдання кольорів траєкторій кращих і всіх точок пошуку; кольори траєкторії пошуку однієї змінної; масив положення вікон графіків.

Підмодуль `viewproc` містить функції представлення перехідних процесів у динамічних системах: обчислення перехідного процесу; обчислення перехідного процесу лінійних систем при декількох виходах; обчислення перехідного процесу нелінійних систем при декількох виходах; обчислення перехідних процесів у декількох моделях систем; обчислення перехідних процесів у декількох моделях лінійних систем; обчислення перехідних процесів у декількох моделях нелінійних систем; побудова графіків перехідних процесів з маркерами; програма тестування перехідних процесів.

Аналіз результатів роботи модуля представлення інформації для інформаційної технології оптимізації САУ підтвердив високу наочність використання всіх приведених функцій для аналізу результатів одновимірних та багатовимірних методів оптимізації САУ парогенератором ПГВ-1000.

АНАЛІЗ ЦІННОСТІ КОНТИНГЕНТУ СТУДЕНТІВ У ВНЗ

Пивоварова А.А., Орловський Д.Л.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У більшості ВНЗ навчаються одночасно студенти бюджетної та контрактної форм навчання. При цьому місця як бюджетної, так і контрактної форми поділяються на кілька видів: місця для студентів – громадян України і місця для студентів-іноземців, які можуть навчатися іноземною або українською мовою. Держава виділяє на спеціальність фіксовану кількість місць – ліцензійний обсяг. Таким чином, одна з проблем, що постає перед кафедрою ВНЗ, полягає у формуванні оптимального співвідношення бюджетних та контрактних місць, враховуючи обмеження ліцензійного обсягу спеціальності. Проблема є актуальною у наш час, оскільки задача такого розподілу стоїть перед більшістю українських ВНЗ.

Метод математичного програмування дозволяє вирішувати задачі оптимізації та раціоналізації розподілу ресурсів [1]. Необхідно скласти план набору студентів на спеціальність з обмеженнями на ресурси (матеріальні, фінансові, навчальні, кадрові) за критерієм мінімізації витрат на навчання за даною спеціальністю.

Цільова функція загальних витрат на підготовку студентів спеціальності, представляє собою суму добутків вартості навчання для держави, одного студента, на даній спеціальності та кількості студентів, яких необхідно набрати на дану спеціальність, за кожною з форм навчання.

Перший вид обмежень: сума місць на обраній спеціальності має дорівнювати кількості місць, що були виділені державою. Другий вид обмежень – обмеження, що стосуються наявних ресурсів. Сумарна кількість ресурсів, що буде витрачено на студентів не може бути більше, ніж кількість ресурсів, що є в наявності на спеціальності. Такими ресурсами можуть виступати: кількість викладачів, площа аудиторій, наявність комп'ютерів, наявність методичних матеріалів [2]. Третім видом обмежень буде те, що кількість студентів має бути цілою та бути більшою чи дорівнювати 0.

Рішенням задачі є кількість студентів, яких необхідно набрати на спеціальність, за кожною з форм навчання, враховуючи виділений ліцензійний обсяг.

Таким чином, метод математичного програмування дозволяє вирішити поставлену задачу.

Література::

1 Складенко В.К. Економіка підприємства: підручник /В.К. Складенко, В.М. Прудников. - К., – 2014. – 528 с

2 Бублій Г.А. Система управління діяльністю вищих навчальних закладів в Україні / Г.А. Бублій // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. – 2011. – № 1. – С. 186–191.

НОВЫЙ ПОДХОД ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ В ПЕРЕБОРНЫХ NP-ЗАДАЧАХ

Прокопенков В.Ф., Кожин Ю.Н.

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

Массовая задача в дискретной математике формулируется, как требование найти решение, удовлетворяющее заданным условиям. Условия задачи определяют объект задачи, по отношению к которому требуется найти решение. Объект задачи характеризуется определёнными системными свойствами, а набор описывающих его параметров оценивается конкретным числом, называемым размером задачи. Задачи, в которых множество возможных решений заранее известно и которые можно решать методом перебора этого множества выбирая лучшее решение, отвечающее заданным условиям, называются переборными или комбинаторными задачами.

Любая задача должна решаться эффективным алгоритмом, требующим для выполнения минимальных затрат времени и памяти. Затраты времени и памяти прямо связаны с размером решаемой задачи. Задача может иметь разные алгоритмы решения. Для сравнения эффективности алгоритмов используются оценки временной сложности. Так как эти оценки зависят от размера задачи n – это функции сложности $f(n)$. Полиномиальные алгоритмы (P) имеют сложность $O(p(n))$, где $p(n)$ – некоторая полиномиальная функция. Алгоритмы, имеющие не полиномиальную оценку (NP), относятся к алгоритмам экспоненциальной сложности. В основном, экспоненциальные алгоритмы реализуют переборные схемы поиска решений, в отличие от полиномиальных алгоритмов, которые принципиально решают задачу. Для решения NP задач разрабатываются эффективные эвристические алгоритмы полиномиальной сложности. Как правило, они не гарантируют нахождение оптимального решения задачи. Оптимальное решение для NP задач можно найти, используя схемы перебора. В настоящий момент известные схемы полного или сокращенного перебора реализуют глобальный поиск на всём множестве решений задачи.

Предлагается новая схема поиска решения задачи S , которая предполагает наличие разных начальных условий $\{C_i\}$ для реализации перебора возможных вариантов решений и алгоритма перебора A , который применяется к заданным начальным условиям C_i и находит одно наилучшее решение в соответствующем этим условиям подмножестве решений. Схема поиска предполагает выполнение таких шагов:

Цикл по i от 1 до $|\{C_i\}|$:

- a. Найти наилучшее решение $s_i = A(C_i)$ при начальных условиях C_i .
- b. Если S не определено или S определено и s_i лучше S , то $S = s_i$.

Если множество решений задачи можно разбить на конечное число $|\{C_i\}|$ подмножеств, определяемых множеством $\{C_i\}$, для каждого из которых A находит наилучшее решение за полиномиальное время, не реализуя полный перебор, то предложенная схема имеет полиномиальную оценку сложности.

ЗАСТОСУВАННЯ AGILE МЕТОДОЛОГІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ ДОДАТКУ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З ВЕБ-ПРОГРАМУВАННЯ

Прочухан Д.В.

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

Тестування в учбових закладах використовується як сучасний засіб об'єктивного контролю знань студентів. Для оцінювання знань можуть використовуватися опитувальні листи або програмне забезпечення. Комп'ютерне тестування має такі переваги як швидке формування результатів опитування, об'єктивність, економія часу [1]. З метою оцінювання студентів з веб-програмування був розроблений додаток «WebTestPro», який автоматизує роботу викладача по проведенню контролю знань. Застосування методології Agile забезпечило гнучкість процесу [2]. Для розробки була обрана серверна мова програмування PHP, бази даних MySQL, клієнтська мова Javascript, HTML, CSS. Створена Scrum-команда спочатку провела розрахунок трудовитрат на виконання проекту у годинах за допомогою Scrum Poker [3].

Час виконання проекту був визначений як середнє значення карток всіх членів групи без урахування мінімального і максимального значень. Для формування поточної звітності виконання проекту була застосована Scrum-дошка сервісу Trello [4]. Backlog програмного продукту містив такі завдання як розробка механізмів реєстрації і авторизації користувачів, проходження тестів, запису результатів оцінювання в базу даних, статистичної обробки інформації. Особливу увагу було приділено підтримці двох режимів роботи додатку роботи. В режимі користувача біло реалізовано проходження тестування, а режим адміністратора дозволяє редагувати, додавати, видаляти тести, проводити аналіз результатів.

Завдання було розбите на спринти, що забезпечило поетапну реалізацію необхідних функцій. Підчас короткочасних щоденних нарад вносилися такі пропозиції по розвитку проекту як включення нових видів питань в тести, удосконалення статистичної обробки. В кінці спринту відбувалися ретроспективні і оглядові наради. Об'єм виконаної роботи оцінювався за допомогою діаграми згоряння. Розробка була вчасно закінчена і протестована на тестових прикладах. Додаток був успішно впроваджений на заняттях з веб-програмування і підвищив якість контролю знань.

Література:

1. Фетісов В.С. Комп'ютерні технології в тестуванні: навч.-метод. посіб. / В.С. Фетісов. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2011. – 140 с.
2. Agile-маніфест [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agilemanifesto.org/>
3. Scrum poker Online [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://scrum poker.online/>
4. Офіційний сайт Trello [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://trello.com/>

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

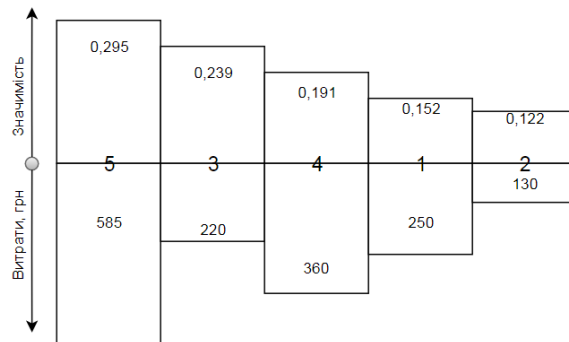
Рузняєв Д. А., Орловський Д.Л., Копп А.М.

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

Кожне підприємство в нинішніх умовах повинно проводити аналіз бізнес-процесів, завдяки цьому підприємство підвищує ефективність своєї діяльності, а також забезпечує гідну конкуренцію іншим.

Створити ефективний механізм управління бізнесом можливо з використанням моделювання бізнес-процесів, яке дозволяє дати вартісну оцінку кожному процесу в компанії окремо. В контексті цього, досліджено особливості побудови бізнес-процесів на підприємстві та їх аналіз.

Основою для аналізу бізнес-процесів став ФВА, який принципово відрізняється від звичайних способів зниження виробничих і експлуатаційних



витрат, так як передбачає функціональний підхід. Мета ФВА полягає в розвитку корисних функцій об'єкта при оптимальному співвідношенні між їх значимістю для споживача і витратами на їх здійснення. Метод ФВА дозволяє описати підприємство як

безліч послідовно виконуваних функцій, а дуги входів, виходів, управління і механізмів робіт моделі IDEF0 відповідають вартісним об'єктам і ресурсам моделі функціонально-вартісного аналізу.

Використовуючи значення показників бізнес-процесу можна проводити моніторинг стану бізнес-процесу та вимірювання значень показників з урахуванням часової динаміки. У даному випадку розрахунки виконувалися за допомогою параметрів моделі бізнес-процесу в нотації IDEF0 згідно з експрес-методом діагностування бізнес-процесів [1].

Функціонально-вартісна діаграма дає змогу візуально визначити витрати, які не збалансовані зі значимістю відповідних функцій (рис.1). Тому один з напрямів подальшого аналізу полягає в перегляді витрат за виявленими функціями. Таким чином, фінансовий функціонально-вартісний аналіз дозволяє визначити пріоритетні функції прибутку на конкретному етапі розвитку організації, приділивши їм більше уваги.

Література:

1. Чупров К.К. Експрес-метод діагностики бізнес-процесів компанії / Консультант директора. – 2005. – № 20 // <http://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/express.shtml>, 21.3.2019

БЛОК МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ДИНАМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Северин В.П., Нікуліна О.М., Шевцов О.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Оптимізація управління складними динамічними системами є важливою задачею. Таку задачу доцільно розв'язувати за допомогою інформаційної технології (ІТ), яка повинна включати різні методи оптимізації. Створення такої технології актуально для модернізації управління паровими турбінами АЕС.

Мета доповіді полягає в представленні блоку методів оптимізації для інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами, зокрема систем управління паровими турбінами АЕС.

Блок методів оптимізації містить програми методів одновимірного пошуку, методів багатовимірної безумовної та умовної оптимізації, методів глобального пошуку, векторних методів оптимізації. У модулі одновимірного пошуку *metopto* реалізовані: метод Свенна пошуку інтервалу невизначеності, метод рівномірного пошуку, метод розподілу навпiл, метод дихотомії, метод Фібоначчі, метод золотого перетину, метод адаптації кроку, метод бісекції, методи квадратичної інтерполяції з трьома та двома точками, метод січних, одновимірний метод Ньютона, методи кубічної інтерполяції з чотирма та двома точками. У модулі *metoptm* реалізовані методи багатовимірної оптимізації: метод покоординатного спуску, метод сполучених напрямків Пауелла, метод Бокса, метод Бокса з кодом Грея, метод симплексного пошуку, метод деформованого багатокутника Нелдера – Міда, метод Хука – Дживса, метод найшвидшого спуску, метод Флетчера – Рівса, метод Полака – Ріб'єра, метод Ньютона та модифікації цього методу з одновимірним пошуком і з напрямком спуску, метод Марквардта та модифікація цього методу з одновимірним пошуком, метод Бройдена, метод Девідона – Флетчера – Пауелла, метод Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно (БФГШ) з апроксимацією матриці Гессе, метод БФГШ з апроксимацією зворотної матриці Гессе. У модулі *metoptg* реалізовані методи глобального пошуку: метод Вейля, метод випадкового пошуку, метод сферичного випадкового пошуку, метод направляючих конусів, метод рою часток. У модулі *metga* реалізовані генетичні алгоритми (ГА) – бінарний та безперервний ГА. У модулі *metoptc* реалізовані методи умовної оптимізації: метод бар'єрів, метод внутрішньої точки, метод зовнішньої точки, комбінований метод штрафних функцій, метод ковзного допуску. Для програм цих методів реалізована можливість задавати довільні методи одновимірного пошуку та багатовимірної безумовної оптимізації з модулів *metopto* і *metoptm*. Векторні методи оптимізації використовують методи одновимірного пошуку та методи багатовимірної безумовної оптимізації для розв'язання задач умовної та багатокритеріальної оптимізації на основі створених класів векторних функцій у відповідних модулях. Модуль *metutil* містить загальні підпрограми (утиліти) методів оптимізації.

Представлена ІТ використана для оптимізації управління паровими турбінами АЕС і дозволяє виконувати синтез різних оптимальних систем.

ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ ПОКРИТТЯ ТЕСТАМИ ПРОГРАМНОГО КОДУ

Семаник А.О., Лютенко І.В.

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

Для сучасних програмних систем характерна наявність досить великого списку функціональних і не функціональних вимог, що обумовлює реалізацію складної програмної логіки. Контроль якості вважається важливим в процесі розробки програмного забезпечення, тому що забезпечує безпеку, надійність, зручність створюваного продукту.

Випуск кожної нової версії програмного забезпечення повинен супроводжуватися своєчасним та швидким пошуком недоліків програмного продукту. Ефективність перевірки працездатності продукту залежить від формування набору тестів, який буде складено та виконано тестувальником. Пріоритет і складність об'єктів тестування (окремого компоненту ПЗ або вимоги) повинні бути прийняті до уваги, коли обирається відповідний обсяг тестів програмного забезпечення.

Вимоги до покриття повинні показати, наскільки повно перевіряється відповідність програмного забезпечення певним функціональним вимогам, атрибутам якості, системним вимогам і обмеженням.

Комплексна перевірка якісних атрибутів є досить складною задачею через їх імовірнісний і суб'єктивний характер, тому неможливо сказати про адекватність існуючих стрес-тестів, тестів інформаційної безпеки, тестів надійності або юзабіліті.

При аналізі охоплення (покриття) тестами коду можна використовувати наступні метрики:

- частка перевірених рядків коду;
- частка перевірених гілок виконання (розрахунок логічного умови);
- частка перевірених шляхів через цей фрагмент коду;
- частка перевірених функцій;
- частка підтверджених викликів і результатів функцій.

Часто для програмного забезпечення необхідно перевірити, чи досягають тести повного охоплення по одному з показників, що має вирішальне значення з точки зору безпеки. Однак, слід зазначити, що абсолютне охоплення не має чіткого зв'язку з якістю тестування, бо навіть в цьому випадку не гарантує бездоганну роботу через відмінності в продуктивності середовища, вхідних даних і інших факторах.

Визначення основних проблем, з якими стикається тестувальник при створенні тестового покриття і його аналізі, вирішення цих проблем дозволить у перспективі поліпшити результати тестування, зменшити ресурсоємність пошуку дефектів у програмній системі та надасть можливість швидко усувати недоліки поточного підходу до тестування.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У РОБОЧОМУ ПРОЦЕСІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА: ДОСВІД ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Таланін Д.С., Прохоренко А.О., Кравченко С.С.

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

Експлуатація сучасних двигунів внутрішнього згоряння супроводжується складними процесами отримання, передачі, обробки та зберігання певних об'ємів інформації за допомогою спеціальних електронних пристроїв. Насамперед це стосується широкого впровадження електронних систем керування швидкісними режимами роботи двигуна, оснащених широким набором датчиків, виконуючих механізмів та контролера.

Електронне керування, в порівнянні з механічним, має більше число параметрів регулювання, більш високу швидкодію, стабільні характеристики і широкі можливості, що дозволяє поліпшити показники двигуна на перехідних і сталих робочих режимах.

Автори мають позитивний досвід синтезу та імплементації такої системи на одноциліндровому відсіку дослідницького дизеля [1]. У попередніх роботах ними було розроблено і експериментально перевірено працездатність такого алгоритму електронного регулятора швидкості, який дозволив не тільки повторити характеристики механічного регулятора, але й створити будь-які необхідні регуляторні характеристики двигуна, включаючи можливість універсалізації – об'єднання в одному пристрої двох і, при необхідності, більше регуляторів різного призначення.

Наукові дослідження, про які йде мова, були виконані на базі традиційної гідромеханічної паливної системи високого тиску. Але сучасні дизелі в основному обладнані електромагнітно-клапанними системами впорскування палива.

Тому в даній роботі сформульовано та доведено доцільність впровадження можливих напрямів розвитку та перспективних наукових досліджень електронних інформаційних систем дизелів, зокрема: 1) обґрунтовано можливість адаптації розробленого алгоритму для використання у паливній апаратурі з електромагнітно-клапанним керуванням; 2) окреслена концепція створення «розумного» дослідницького випробувального стенду або окремого двигуна будь-якого призначення за допомогою Інтернету Речей; 3) показано можливість та схему методики синтезу складної системи керування на основі предикційної моделі.

Література:

1. Прохоренко А.О. Система позиціювання виконавчого механізму електронної САРЧ дизеля / А.О. Прохоренко, С.С. Кравченко, Д.С. Таланін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Матеріали ХХІ міжнародної науково-практичної конференції НТУ «ХПІ». – Х., 2018. – С. 30.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛОЯЛЬНОСТІ КЛІЄНТІВ

Трегубенко О. С.

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

В умовах постійного зростання кількості та складності програмного забезпечення (ПЗ) зручний інтерфейс дає змогу підвищити конкурентоспроможність продукту, знизити вартість його розробки, збільшити аудиторію використання й задоволеність користувачів, а також зменшити витрати на навчання та підтримку користувачів. Зручним у використанні вважається програмний продукт, за допомогою якого користувачі досягають поставлених цілей й ефективно вирішують різні завдання.

Особливої актуальності дослідження зручності використання набуває при проектуванні та практичному застосуванні систем ідентифікації лояльності клієнтів, які у зв'язку з особливостями призначення, зазвичай мають дуже громіздкий інтерфейс: велика кількість даних; введення вихідних даних для обчислення лояльності клієнтів й узагальнення отриманих даних у вигляді таблиць, діаграм, схем тощо. Для різних методів оцінки лояльності характерними є необхідність збору та аналізу відповідей респондентів, робота з великою кількістю суджень і тверджень, ймовірність похибки при обчисленні індексів лояльності та складний механізм порівняння результатів дослідження, що ускладнює процес проектування та розробки відповідного ПЗ.

Термін *usability* позначає зручність використання. Це сукупність властивостей ПЗ для передбачуваного кола користувачів, що відображають легкість його, і адаптації до умов, що змінюються, експлуатації, стабільність роботи й підготовки даних, зрозумілість результатів, зручності внесення змін у програмну документацію та ПЗ [1], [2]. Зручність використання ПЗ можна оцінити за допомогою набору характеристик:

- по-перше, результативність (ефективність) – позитивна динаміка у вирішенні поставлених цілей користувачем при використанні програми або сайту;
- по-друге, продуктивність – відношення часу й ресурсів, витрачених на роботу з програмою, до результативності використовуваних методів *usability*;
- по-третє, задоволеність – оцінка порталу користувачами з точки зору використання й вирішення поставлених завдань [3]. Задоволеність користувачів визначається стандартизованими опитуваннями.

Отже, зручність використання ПЗ можна оцінити за допомогою набору таких характеристик як результативність, продуктивність, задоволеність.

Література:

1. Ісаков О. С., Чередніченко О. Ю., Мозгін В. В., Янголенко О. В. Дослідження моделей процесів тестування зручності використання програмних продуктів / О. С. Ісаков, О. Ю. Чередніченко, В. В. Мозгін, О. В. Янголенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2018. – № 2 (1278). – С. 73–80.
2. Кіріленко О., Кузнецова Ю., Соколова Є., Фролова Г. Методи оцінювання *usability* інтерфейсу користувача / О. Кіріленко, Ю. Кузнецова, Є. Соколова, Г. Фролова // Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua>.
3. Прохорова А. М. Понятие юзабилити сайта: показатели и стандарты проектирования / А. М. Прохорова // Экономика и право. – 2016. – № 9 (67). – С. 87–90.

РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ВИДЕО- ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ульянко А.Л., Дорофеев Ю.И.

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

В течение последних десятилетий задача автоматического распознавания эмоций является одной из наиболее важных проблем, которой посвящены многочисленные исследования. Анализ человеческих эмоций на основе видеоданных это сложная задача машинного обучения с широким спектром приложений в области взаимодействия человека с компьютером, электронного обучения, здравоохранения, рекламы, компьютерных игр и т.п.

В большинстве работ, посвященных распознаванию эмоций человека, авторы используют категориальные модели, группирующие эмоции на шесть основных категорий, первоначально предложенных Р. Екман в работе [1]: гнев, отвращение, страх, счастье, грусть и удивление.

Альтернативный способ заключается в использовании пространственного подхода [2], при котором эмоции человека описывают с помощью вектора, размерность которого не превышает 2 или 3 измерения. Наиболее распространенными измерениями являются уровень возбуждения и валентность. Уровень возбуждения определяет, насколько заинтересованным или апатичным выглядит субъект, в то время как валентность определяет, насколько позитивным или негативным он выглядит. В качестве третьего измерения обычно рассматривают уровень контроля эмоции субъектом.

На данный момент лидерами в сфере автоматического распознавания эмоций являются ведущие мировые компании, которые обладают значительными ресурсами, это Google, Amazon, Microsoft.

Стандартный алгоритм автоматического распознавания эмоций состоит из следующих этапов: 1) регистрация изображения; 2) первичная обработка изображения; 3) выделение лица на изображении; 4) выделение ключевых точек на лице; 5) классификация эмоций.

В случае распознавания эмоций в реальном времени на основе данных из видео потока наиболее эффективным является использование сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Network, CNN) вместе с рекуррентными нейронными сетями (Recurrent Neural Network, RNN) [3].

Література:

1. Ekman P. et al. Universals and cultural differences in the judgments of facial expressions of emotion / P. Ekman et al. // Journal of personality and social psychology. 1987. Vol. 53. No. 4. P. 712-714.
2. Russell J., Mehrabian A. Evidence for a three-factor theory of emotions / J. Russell, A. Mehrabian // Journal of research in Personality. 1977. Vol. 11. No. 3. P. 273-294.
3. Kahou S.E. et al. Recurrent Neural Networks for Emotion Recognition in Video / S.E. Kahou et al. // Proceedings of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction. 2015. P. 467-474.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛЮТНИХ КОТУВАНЬ

Чушенко С.І., Єрохін А.Л.

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків*

Робота присвячена розробці ефективної моделі для прогнозування валютних котувань. Передбачення подальшої поведінки фінансових ринків має велике значення для підприємницької діяльності, так як дає колосальні можливості для оптимізації фінансових витрат.

Мета дослідження – на основі аналізу існуючого масиву методів прогнозування створити вдосконалений метод та модель прогнозування змінюваності валют, а також побудувати інформаційну систему з графічно-візуалізацією даних. Так як на прогнозування впливають безліч економічних факторів, то довгострокове передбачення практично неможливо. Тому для дослідження було обрано найбільш точний короткостроковий алгоритм. Для прогнозу динаміки будь-якої валютної пари в майбутньому використовується множина розроблених методик. Усі вони засновані на врахуванні факторів, які формують валютний попит і пропозицію на світовому ринку. Тож предметом дослідження є підходи та технічні заходи, що дозволяють створити систему прогнозування курсів валют використовуючи специфічні технології та пов'язані з ними стандарти, що уможливають взаємозв'язок систем, їх подальший розвиток та вдосконалення.

Хоча прогнозування не є повністю точною наукою та часто прогнози не можна вважати достатньо надійними, однак загальне розуміння того, які економічні сили впливають на формування валютних курсів, дозволяє інвесторам своєчасно реагувати на очікувані зміни майбутньої їх динаміки. Результат офіційних інтервенцій на валютному ринку залежить від реакції спекулянтів. Якщо останні переконані, що центральний банк повинен стабілізувати той чи інший валютний курс, то вони будуть сприяти підтримці курсу цієї валюти.

Суть запропонованого вдосконаленого метода полягає у комплексному врахуванні факторів впливу, які надходять як від ринку, так і цілеспрямованих дій уряду та створення прогнозу на основі модифікованого методу ковзної середньої, що дозволяє застосовувати гнучкий регресійний аналіз. Також в роботі запропонована модель побудови прогнозу та інформаційна система для прогнозування валютних котувань, що складається з наступних модулів: модуль збору даних, знаходження тренду та модуль прогнозування.

ВИБІР ПОСТАЧАЛЬНИКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

¹Шамонін І.С., ¹Воловщиков В.Ю., ²Шапо В.Ф.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса

Робота будь-якого підприємства залежить від наявності матеріалів, які надають йому інші організації. Діяльність з організації та управління закупівлями направлена отримання компанією необхідних за якістю та кількістю матеріалів в потрібний час, в потрібному місці, від надійного постачальника, своєчасно виконуючого свої зобов'язання, з гарним сервісом та за вигідною ціною. Активний розвиток сектору інформаційних технологій (ІТ) та невинне використання результатів його діяльності дещо коригує класичне уявлення про задачу вибору постачальника матеріалів. Класичне поняття матеріалів трансформується в поняття ІТ. Впровадження ІТ автоматизує процес отримання, зберігання, обробки даних та прийняття раціональних рішень. Отже ІТ можуть використовуватись для вирішення багатьох як локальних, так і глобальних задач підприємств.

Таким чином ІТ є тим матеріалом, який може знадобитись підприємству та може бути поставленим деяким постачальником – постачальником ІТ. Отже розв'язок задачі вибору постачальника ІТ є актуальним.

В роботі досліджується проблема вибору постачальника ІТ на основі експертних оцінок [1]. Отримання оцінок постачальників за параметрами важливими для підприємства від групи експертів пропонується виконувати за допомогою відповідної анкети, а обробку експертних оцінок – на основі дельфійського методу. Проблему можливої необ'єктивності таких оцінок пропонується вирішувати завдяки ітеративності методу Дельфі, де в якості показника зупинки пропонується використовувати дисперсійний коефіцієнт конкордації. У випадку неможливості отримання узгоджених оцінок експертів, використовується механізм виключення експертів. Для отримання фінальних узгоджених оцінок для кожного постачальника за кожним параметром використовується медіана Кемені. Математичний апарат враховує вагові коефіцієнти щодо параметрів постачальників та обчислює рейтинг кожного постачальника. Таким чином, вибір постачальника базується на пошуку постачальника з максимальним рейтинговим значенням.

Результати, що були отримані в даній роботі, у подальшому можуть бути використані при розробці програмних рішень віддаленого збору та обробки даних на прикладі задачі вибору постачальника ІТ.

Література:

1. Міщенко О.О., Воловщиков В.Ю., Шапо В.Ф. Моделі оцінки ризиків програмних проектів // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018 р., у 4 ч. Ч.1. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – С. 25.

ФОРМУВАННЯ ГРАФІКУ НАВАНТАЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ У СКЛАДІ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ДАНИХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Шевченко С. В., Хованський І. Е.

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

Підвищення ефективності управління технологічним обладнанням енергосистеми за рахунок впровадження програмних рішень, враховуючих динаміку змін даних в реальному часі про споживання та попит електроенергії, поточний та очікуваний стан компонентів енергосистеми у складі окремих підсистем виробництва, постачання та споживання електроенергії, обліку, контролю і управління функціонуванням є умовою формування керуючих рішень, що забезпечують відповідний рівень якості управління.

Для реалізації цих задач використовується ієрархія автоматизованих систем диспетчерського управління (АСДУ) відповідно до рівня енергосистеми, що розглядається. Частина задач вирішується технічними засобами автоматики та локальними системами автоматичного управління (САУ), але координація їх рішень у складі енергосистеми вищого рівня ієрархії потребує застосування адекватних процедур математичного моделювання з формуванням та розподілом отриманих рішень на основі значень обраних критеріїв.

Таким чином, виникає необхідність вирішення наступної задачі. Для $t \in T$ знайти вектор керуючих рішень $Y^*(t)$, що відповідає

$$Y^*(t) = \text{Arg}(\max_{Y(t) \in G(t)} F(P(t), X(t), Y(t))),$$

де $F()$ – вектор критеріїв оптимальності рішень, $P(t)$ – вектор параметрів функціонування системи, $X(t)$ – вектор значень зовнішніх чинників, $G(t)$ – множина допустимих значень керуючих рішень на момент часу $t \in T$.

В роботі розглянуто вирішення задачі з критеріями максимум прибутку енергосистеми на виконання прийнятого обсягу робіт по виробництву електроенергії для відомого стану компонентів, мінімум втрат енергосистеми від не затребуваного обсягу виробництва та постачання електроенергії.

Для цього використовується розроблений веб-додаток, що забезпечує інформаційну взаємодію з користувачами, та виконує моделювання формування розглянутих керуючих рішень, які визначають обсяги та розподіл виробництва і постачання електроенергії та моменти часу зміни станів компонентів енергосистеми для виконання поточних замовлень споживання електроенергії.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ ШЛЯХІВ В СКІНЧЕНОМУ ПРОСТОРИ СТАНІВ

Шматко О.В., Фурсов І.І.

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

Розробка ігрових додатків для обчислювальних машин з самого початку свого розвитку неподільно пов'язана зі штучним інтелектом. Ідея роботи таких систем часто пов'язана з реагуванням з боку обчислювальної системи на деяку дію реального гравця – людини. В наш час штучний інтелект в ігрових додатках досяг величезного успіху, його впровадження в ігрові додатки часто тісно пов'язані з багатьма науковими досягненнями в області практичного застосування штучного інтелекту, машинного навчання. Предметом дослідження даної роботи стали задачі аналізу і оптимізації наявних алгоритмів пошуку шляху в графах з заздалегідь відомими часовими обмеженнями. Дані задачі мають важливе практичне значення, адже на даний час оптимізація роботи наявних алгоритмів є актуальною в галузі розробки модулів руху роботизованої техніки. Актуальність даної роботи обумовлена перш за все великою обчислювальною складністю наявних алгоритмів пошуку шляхів в графах, що впливає на часу за котрий досягається знаходження вірного результату.

В процесі дослідження було виділено такі характеристики роботи алгоритмів в порядку зменшення важливості: швидкість роботи алгоритму, кількість операцій порівняння даних довжина шляху.

Найпростішим варіантом пошуку оптимального шляху є повний перебір всіх можливих маршрутів. В цьому випадку знайдений шлях буде найкоротшим. Однак такий спосіб не практичний через надмірні накладні витрати пам'яті. У зв'язку з цим на перший план виходить розробка алгоритмів пошуку субоптимальних шляхів. Прикладом є евристичні алгоритми, які на кожному кроці наближаються до кінцевої точки.

Евристичні алгоритми працюють за принципом покрокового поліпшення поточного результату. Обирається деяка евристична функція, з її допомогою на кожному кроці можна вибрати комірку матриці, відстань від якої до кінцевої точки матиме мінімальне значення (на підставі значення евристичної функції). Перевагою подібних алгоритмів є менша кількість використовуваних ресурсів в порівнянні з алгоритмами визначення оптимального шляху[1].

В ході даної роботи було запропоновано поліпшення існуючого алгоритму A^* , за допомогою використання більш ефективних структур даних. Використання даного алгоритму покращує ефективність роботи модулю пошуку шляхів на карті для багатьох класів ігрових додатків.

Література:

1 Басараб М.А., Домрачева А.Б., Купляков В.М. Алгоритмы решения задачи быстрого поиска пути на географических картах. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. № 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1054.html>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА АЛГОРИТМІВ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Ямшинський К.А., Давидов В.В.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Доповнена реальність (AR) - це сучасна технологія, яка розширює фізичне середовище на екрані мобільного пристрою, наповнюючи його цифровим вмістом.

Коли йдеться про різницю між віртуальною і розширеною реальністю, це абсолютно різні технології. На відміну від VR, AR базується на відбитку реального оточення і додає до нього лише додаткові комп'ютерні дані, такі як анімація або тривимірні об'єкти, на відміну від віртуального.

Зі зростанням числа розумних мобільних пристроїв і постійним поліпшенням їх технічних можливостей, доповнена реальність проникла у деякі аспекти людського життя. Це стало інтерактивним концептом, який впливає на те, як ми купуємо або навчаємось.

У доповіді аналізуються методи та принципи їх роботи, випадки їх можливого застосування. Щоб накласти цифрову інформацію, AR-додатки можуть використовувати такі методи:

- SLAM (simultaneous localization and mapping) – це набір алгоритмів, що використовують дані різних сенсорів для побудови мапи у невідомому просторі та визначення положення пристрою;
- Markers – метод, що базується на розпізнаванні маркерів;
- Position – метод, що базується на положенні мобільного пристрою у просторі. Використовує GPS, компас та інші сенсори.

Кожен з наведених методів має свої переваги та недоліки. Метод з працюючий з маркерами базується на розпізнаванні зображення та предметів на ньому, тому його доцільно використовувати у рекламі або торгівлі. Методи SLAM та Position частково схожі між собою, адже обидва використовують сенсори для визначення положення пристрою, але вони використовуються для різних цілей. Position є більш простим та часто використовується у іграх чи картах. Метод SLAM є більш складним тому що окрім даних з сенсорів він також аналізує зображення з камери та шукає так звані “якорі”. Цей метод поширений у мобільних додатках, яким необхідно вміти визначати поверхні.

Література:

1. Reitmayr, Gerhard & Langlotz, Tobias & Wagner, Daniel & Mulloni, Alessandro & Schall, Gerhard & Schmalstieg, Dieter & Pan, Qi. (2010). Simultaneous Localization and Mapping for Augmented Reality (PDF). International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality. 5-8. 10.1109/ISUVR.2010.12.
2. Chee, Low & Sebastian, Patrick & Drieberg, Micheal. (2011). Augmented reality based indoor positioning navigation tool. 10.1109/ICOS.2011.6079276.

СЕКЦІЯ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕХАНІЦІ І СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

ФРАКТАЛЬНА (ДРОБОВА) РОЗМІРНІСТЬ ХАУСДОРФА

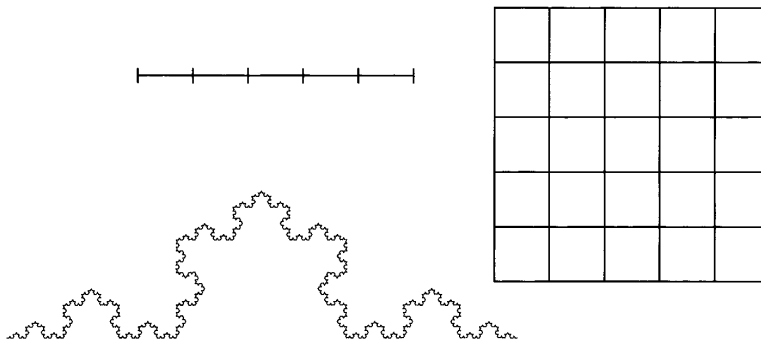
Адашевська І.Ю., Красівська О.О., Богацька А.С.

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

В роботі розглянуто питання щодо основних властивостей розмірності Хаусдорфа у метричному просторі.

Розмірність Хаусдорфа - природний спосіб визначити розмірність множини в метричному просторі. Відзначимо лише основні властивості розмірності Хаусдорфа:

1. 1-мірна Хаусдорфа для гладких кривих збігається з їхньою довжиною;
2. 2-мірна Хаусдорфа для гладких поверхонь збігається з їхньою площиною;
3. d -мірна Хаусдорфа множини R^d збігається з їхнім d -мірним об'ємом.



На рисунку показано, як, маючи в своєму розпорядженні деяке ціле число (в цьому випадку $b = 5$), можна розбити прямолінійний відрізок одиничної довжини на $N = b$ підінтервалів, довжина кожного з яких дорівнює $r = 1/b$. Аналогічно ми можемо розділити одиничний квадрат на $N = b^2$ менших квадратів з довжиною сторони $r = 1/b$. В обох випадках величина $\ln N / \ln(1/r)$ є розмірністю подібності цієї фігури, - величина, про яку шкільна геометрія не вважає за потрібне згадувати, оскільки це значення зводиться до евклідової розмірності. Нижня фігура - це потрійна крива Коха або третина узбережжя острова Коха. Її також можна розбити на подібні до вихідної кривої фігури меншого розміру, при цьому $N = 4$, а $r = 1/3$. Розмірність подоби $D = \ln N / \ln(1/r)$ в цьому випадку виявляється дробовим числом (її значення $\sim 1,2618$), не знаходячи собі аналогів в стандартній геометрії. Хаусдорф показав, що величина D може бути вельми корисною в математиці і що вона збігається з хаусдорфовою, або фрактальною, розмірністю. Я ж стверджую, що без величини D не обійтися і в природничих науках.» («Фрактальна геометрія природи»).

САМОПОДІБНІСТЬ ЯК ХАРАКТЕРИСТИЧНА ВЛАСТИВІСТЬ ФРАКТАЛУ

Адашевська І.Ю., Краєвська О.О., Вус С.М.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуто питання інваріантної самоподібності геометричних фракталів на прикладі побудови кривої Коха.

Фундаментальним предикатом опису категорії фрактала є самоподібність. Багато об'єктів реального світу, наприклад, берегові лінії, мають властивість статистичної самоподібності. Самоподібність означає, що підсистеми нижніх рівнів фрактальної системи повторюють конфігурацію цілої системи і в межах загальної форми укладено точно або з деякими змінами «тиражований» патерн. Інакше кажучи, фрагмент фракталу, ідентичний цілісній формі, відтворюється на кожному наступному рівні меншого масштабу, утворюючи свого роду «вкладену» структуру. Будь-який фрактал являє собою візуалізацію деякого алгоритму, набору математичних процедур, що мають характер послідовних ітерацій. Загальним для всіх фрактальних структур є наявність рекурсивної процедури їхньої генерації, що означає нескінченний ланцюжок автопоезіса, в якому кожен результат попередньої ітерації є початковим значенням нового циклу відтворення: $z_{n+1} = f(z_n)$.

Крива Коха утворює нескінченно довгу лінію всередині області кінцевої площі. Крива Коха є типовим детермінованим фракталом. Розглянемо процес її побудови. **Шаг 0:** беремо одиничний відрізок, це **аксіома** (рис.1). **Шаг 1:** поділяємо цей відрізок на три рівні частини і замінюємо середній інтервал рівностороннім трикутником без цього сегмента. В результаті утворюється ламана, що складається з чотирьох ланок завдовжки $1/3$. Довжина отриманої кривої $4/3$ Це – **генератор** (рис.2).

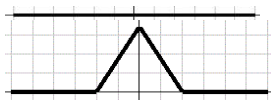


Рис.1

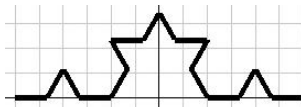


Рис.2

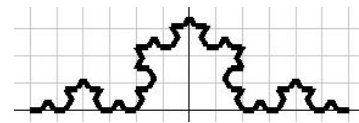


Рис.3

Шаг 2: повторюємо операцію для кожної з чотирьох одержаних ланок. Отримана ламана складається з $(4)^2$ ланок завдовжки $(1/3)^2$. Загальна довжина отриманої лінії дорівнює $(4/3)^2$. На n -ному кроці отримуємо ламану, що складається з $(4)^n$ ланок завдовжки $(1/3)^n$ кожна, при цьому довжина всієї лінії буде $l=(4/3)^n$. Гранична крива і буде фракталом- кривої Коха (рис.3) при цьому її довжина при $n \rightarrow \infty$ буде прагнути до нескінченності.

МОДЕЛЮВАННЯ СТАРТОВИХ БІОМЕХАНІЧНИХ ДІЙ В ПЛАВАННІ

Адашевський В.М., Білоус О.В., Клищенко М.В.

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

Плавання - вид спорту, що полягає в подоланні уплав за найменшу кількість часу різних дистанцій.

Проходження дистанції включає декілька етапів: старт, вихід, плавання в координації, поворот, торкання борту басейну під час фінішу. Від успішності проходження кожного з етапів залежить результат спортсмена.

У роботі розглянуті питання моделювання стартових біомеханічних дій в плаванні батерфляєм.

Актуальність роботи обумовлена малою кількістю, а також спірними результатами теоретичних досліджень, які проводилися в цьому виді спорту.

Дослідження вирішує питання розробки моделей, в яких плавець може використати свої особисті параметри, розраховуючи при цьому раціональну для себе траєкторію стартових біомеханічних дій. В результаті проведених досліджень, складені розрахункові схеми і фізико-математичні моделі такого елемента дистанції плавання батерфляєм як старт і вихід.

Залежно від прийнятого плавцем стартового положення, а, отже, початкового положення його центру мас, кута і швидкості вильоту центру мас його тіла, траєкторія польоту центру мас буде різною і відповідно впливати на ефективність старту. Стартове положення, кут і швидкість вильоту із стартового положення - це ті параметри, які плавець може свідомо варіювати.

Реалізація фізико-математичних моделей дозволить скласти рекомендації по вибору найбільш раціональних біомеханічних параметрів : стартового положення, кута вильоту центру мас плавця із старту, виходу.

Для розрахунку індивідуальних біомеханічних параметрів робиться інтегрування складених систем диференціальних рівнянь.

Таким чином, плавець може вибрати найбільш раціональну для себе траєкторію польоту після старту.

Отримані в результаті розрахунків біомеханічні характеристики і їх аналіз дозволять плавцеві і тренерів визначити найбільш раціональні дії, що підвищать кінцевий спортивний результат.

Ці характеристики при їх аналізі дають можливість покращувати техніку плавця і, отже, підвищувати спортивний результат. Ці моделі також припускають облік індивідуальних характеристик плавця на одному з основних елементів плавання - стартові дії.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень, перевірені на тренувальних заняттях і змаганнях можуть бути використані як для спортсменів високого рівня, так і при підготовці в спортсменів - новачків з метою поліпшення спортивного результату.

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ДІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДАЧІ У ВОЛЕЙБОЛІ

Адашевський В.М., Мінак О.Ф.

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

Подача у волейболі є одним з найефективніших елементів який робить вплив на подальший хід і результат гри.

Існують наступні основні види подач: силова подача, плануюча подача, верхня пряма подача на точність, подача «свічкою», подача з обертанням. Вибір кожної з видів подач залежить від індивідуальних фізичних даних і можливостей гравців.

Силовa подача, буває верхня в стрибку і без стрибка, пряма і бічна. Плануюча подача також може бути верхня в стрибку і без стрибка, пряма і бічна. Відрізняється така подача від силової тим, що вектор швидкості м'яча під час його польоту відхиляється від основної площини траєкторії, створюючи складнощі при його прийомі. Цей ефект можна пояснити початковою і подальшою зміною геометричної форми м'яча після центрального удару по ньому і при його поступальному польоті появи високочастотних затухаючих коливань різної частоти (вібрацій), що полягають в поперемінній зміні форми м'яча, та створює різницю тисків повітря на м'яч з різних сторін і відхилення м'яча від параболічної траєкторії. Наявність же шорсткої поверхні м'яча при взаємодії з повітряним середовищем призводить до появи вихрової доріжки (доріжка Кармана), що також сприяє циклічному відхиленню його вектору швидкості.

Подача з обертанням є також ефективним елементом. Обертання створюється тим, що удари робляться не по центру м'яча, а по якій-небудь з його сторін. Обертання з великою швидкістю (снарядів) у польоті переміщуваних тіл виконує двояку функцію, а саме стабілізує політ за рахунок так званого гіроскопічного ефекту і залежно від напрямку обертання викликає їх відхилення з вертикальної площини польоту або зміну форми траєкторії. Таке явище відхилення в поперечному напрямі до потоку середовища, тіла, що обертається у польоті, пояснюється так званим ефектом Магнуса.

Таким чином необхідно було провести оригінальне об'ємне наукове дослідження, яке дозволяє визначити раціональні дії волейболіста у момент виконання подач з метою поліпшення результативності.

Для усіх видів подач складені розрахункові схеми, фізико - математичні моделі з метою вирішення завдань динаміки польоту м'яча в середовищі зі змінними значеннями підйомної сили і опору середовища також для цих подач.

Результати теоретичних досліджень, у подальшому будуть перевірені на тренувальних заняттях і змаганнях і можуть бути використані як для спортсменів високого рівня, так і при підготовці волейболістів - новачків з метою поліпшення спортивної техніки та ефективності подач.

**МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК ЗА ТЕМОЮ
«МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ ТА ЇХНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ»**

Аніщенко Г.О., Лавінський Д.В. Морачковський О.К.

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

На кафедрі теоретичної механіки НТУ «ХПІ» запропоновано розпочати роботу з учнями-членами Харківської обласної Малої Академії Наук України (МАН) Харківської обласної ради щодо підготовки науково-дослідницьких робіт в напрямку наукового відділення VIII. Математика / Секція 3. Математичне моделювання.

Тематикою наукової роботи учнів 9-х, 10-х класів шкіл пропонується «Комп'ютерні моделі коливання тіл», передбачено комп'ютерні розрахунки на базі програмного комплексу «КіДиМ». Для різних варіантів розрахункових схем визначаються закони руху (рис.1), кінематичні характеристики, зокрема абсолютні швидкості й пришвидшення точок. Розглядаються вільні та вимушені, гармонійні та затухаючі коливання матеріальної точки за умов дії пружних сил, внаслідок деформації складених пружин, в'язко-лінійних сил опору. Також розглядається вимушений складний рух матеріальної точки внаслідок гармонійного руху опори. Теоремами динаміки довільної системи тіл визначаються інваріантні (незмінні) стосовно виду руху енергетичні міри механічної системи.

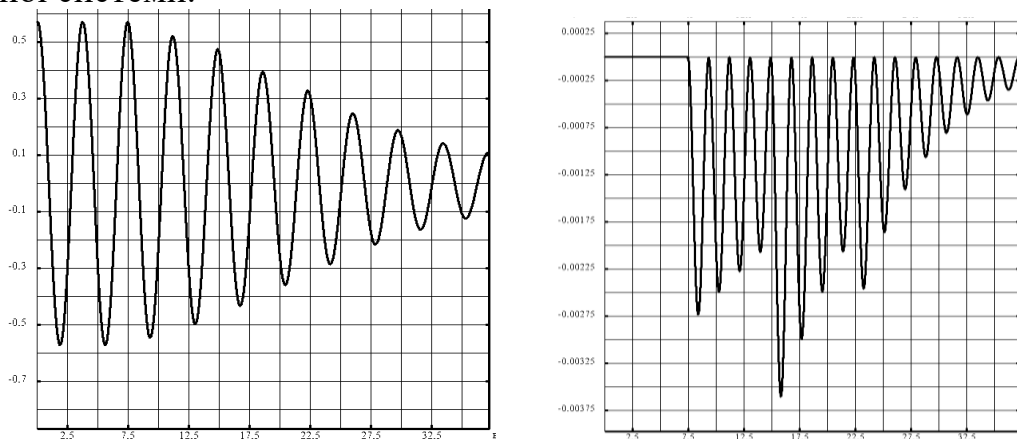


Рис.1

Інваріантність мір руху має місце при вільних, гармонічних та згасаючих коливаннях, вимушених коливаннях без урахування сил опору та за їх наявності, при резонансі та при битті. За теоремами про повну енергію встановлюють, що якщо консервативна механічна система рухається під дією потенційних і не потенційних дисипативних сил, то здвоєна функція Релея дорівнює швидкості зменшення повної енергії, яка дорівнює додатку кінетичної та потенційної енергії механічної системи.

Висновки. На заняттях наукового відділення учні-члени МАН отримують розрахункові залежності для інваріантів, які можна використовувати для встановлення дійсних значень характеристик руху, енергії, роботи та потужності сил, та функції дисипації за результатами комп'ютерних розрахунків.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЕКТОРІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ ДЕТАЛІ ПРИ СТВОРЕННІ РТК

Ащепкова Н.С., Кібальник К.С.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро*

Розглянуто РТК для виготовлення деталей типу «Втулка», який об'єднує обробне, транспортне та контрольно-вимірювальне обладнання. Допоміжні операції технологічного процесу виконують роботи Fanuc M-710iC/12L. Асортимент деталей типу «Втулка» відрізняється геометричними розмірами, наявністю отворів і масою (від 5 до 12 кг). Актуальність моделювання траєкторії переміщення деталі в межах РТК та припустимих орієнтацій захватного пристрою обумовлена: наявністю обмежень у робочому просторі маніпулятора; надмірністю кінематичної схеми маніпулятора.

Мета дослідження: провести аналіз переміщення деталі в межах РТК; математичне моделювання і синтез оптимальної траєкторії.

Для досягнення цієї мети:

- визначені вузлові точки траєкторії переміщення деталі в межах РТК;
- здійснено синтез траєкторії методом поліноміальної інтерполяції;
- проведено аналіз припустимих орієнтацій захватного пристрою для технологічної обробки і складування деталі;
- розроблено програмне забезпечення;
- виконано математичне моделювання переміщення деталі в межах РТК для різних варіантів початкової орієнтації деталі;
- проаналізовано кінематичні характеристики у вузлових точках траєкторії;
- обрано оптимальну траєкторію переміщення деталі в межах РТК.

За результатами дослідження можна визначити необхідні зусилля та моменти для утримання деталі у захватному пристрої без ковзання але й без ушкодження поверхонь.

Математичне моделювання траєкторії переміщення деталі в межах РТК дозволяє скоротити витрати на впровадження сучасної технології і організації виробництва. Створення РТК дозволяє об'єднати існуюче технологічне обладнання, забезпечити цілодобовий режим роботи, зниженню собівартості продукції.

Література:

1. Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов [Текст] / С. Ф. Бурдаков, В. А. Дьяченко, А. Н. Тимофеев // М.: Высшая школа, 1986. – 264 с.
2. Дашенко А. И. Проектирование автоматических линий [Текст] / А. И. Дашенко, А. П. Белоусов. – М.: Высшая школа, 1983. – 328 с.
3. Корыгин А. М. Автоматизация типовых технологических процессов и установок [Учебник для вузов] / А. М. Корыгин, Н. К. Петров, Н. К. Радимов и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 432 с.
4. Шахинпур М. Курс робототехники. Пер. с англ. [Текст] / М. Шахинпур. – М.: Мир, 1990. – 527 с.

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА У СКЛАДІ СЛІДКУЮЧОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ

Ащепкова Н.С., Ащепков С.А.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро*

У слідкуючих гідроприводах з електричним керуванням на основі електрогідравлічного підсилювача (ЕГП) формується каскад керування золотником. Електрогідравлічний підсилювач, являє собою швидкодіючий пристрій, що складається з електромеханічного перетворювача (ЕМП) і гідравлічного підсилювача (ГП).

Електрогідравлічний підсилювач має складну динамічну структуру зі зворотними зв'язками повинен задовольняти високим енергетичним і динамічним вимогам, мати просту конструкцію й надійно працювати в заданих умовах. Актуальність дослідження характеристик і моделювання перехідних процесів електромеханічних перетворювачів обумовлено тим, що синтез слідкуючого гідроприводу із заданими динамічними властивостями передбачає синтез та оптимізацію параметрів електрогідравлічного підсилювача. Статичні й динамічні характеристики ЕГП залежать від гідродинамічних сил, які діють на якір ЕМП, що управляє переміщеннями вхідного елемента (заслінкою, струминною трубою) гідропідсилювача.

Мета дослідження: провести аналіз та моделювання руху ЕМП в залежності від конструктивних параметрів.

На основі математичної моделі у ППП Mathcad розроблено програмне забезпечення та проведено моделювання: вхідних ланцюгів ЕМП, руху якоря ЕМП, руху ЕМП. За результатами моделювання визначено і проаналізовано залежності: керуючого струму від коефіцієнта передачі; координати руху та швидкості руху якоря ЕМП від маси заслінки; струму в обмотках ЕМП від опору; струму, координати руху та швидкості руху якоря ЕМП від опору.

Застосування розробленого програмного забезпечення дозволяє методом математичного моделювання дослідити вплив будь-якого параметра на перехідні процеси в ЕМП.

Література:

1. Башта, Т. М., Гидравлика, гидромашины и гидроприводы [Учебник для вузов]/ Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
2. Гамынин, Н. С. Гидравлический привод систем управления [Учебник для вузов]/ под ред. В. А. Лещенко. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
3. Шептун, Ю. Д. Розрахунок слідкуючих приводів з використанням ПЕОМ [Навч. посіб.] / Ю. Д. Шептун, Г. М. Тоцька. – Д.: РВВ ДНУ, 2002. – 64 с.

КОВАРІАНТНІСТЬ РІВНЯНЬ ЛАГРАНЖУ 2-го РОДУ

Бабуджан Р.А., Конкін С.В., Красій Д.М., Морачковський О.К.
*Національний технічний університет
 «Харківський політехнічний інститут»,
 м. Харків*

Наведено результати аналізу динаміки руху систем тіл, що встановлені при виконанні курсових та розрахункових робіт з Теоретичної та Аналітичної механіки для спеціальності 113 “Прикладна математика” за спеціалізацією «Комп’ютерна механіка», на підставі комп’ютерних досліджень на базі програмного комплексу «КІДІМ». Для механічних систем з однією та двома ступенями вільності, які показано на рисунку:

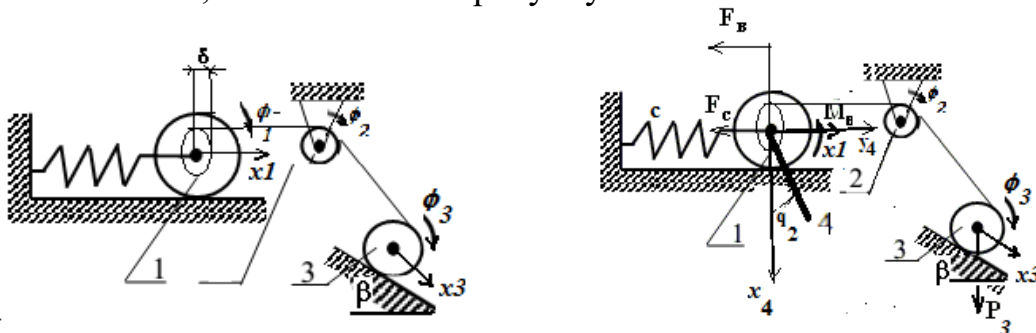


Рисунок 1

На основі рівнянь Лагранжу 2-го роду складені рівняння руху відносно двох узагальнених координат руху q_1, q_2 , встановлено закони руху при відомих початкових умовах $q_1|_{t=0}=q_{10}, \dot{q}_1|_{t=0}=\dot{q}_{10}, q_2|_{t=0}=q_{20}, \dot{q}_2|_{t=0}=\dot{q}_{20}$, та завдяки застосуванню комп’ютерних технологій здійснено аналіз динаміки руху систем тіл. Дослідження з динаміки виконувалось при варіюванні часу $t [0 \leq t \leq t_*]$, де t_* - час затухання коливань.

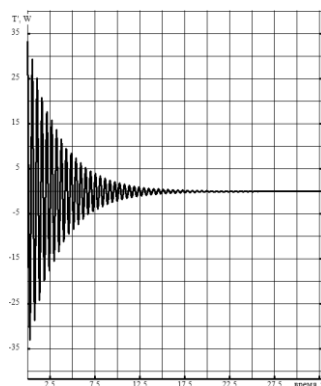


Рисунок 2

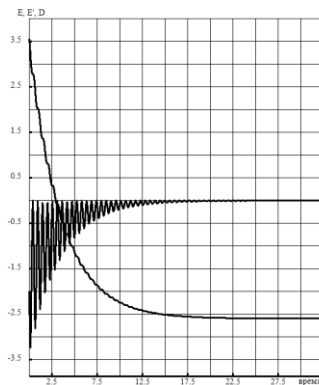


Рисунок 3

Висновки. В роботі надано результати розрахунків динаміки механічної системи тіл, які з’ясовують коваріантність та інваріантність рівнянь Лагранжа 2-го роду на підставі обчислювальних розрахунків досліджень динаміки механічної системи тіл на базі програмного комплексу «КІДІМ».

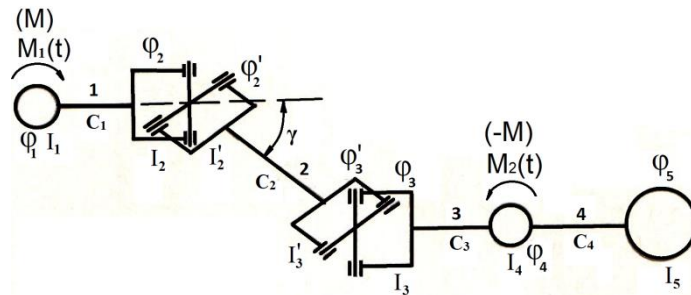
Інваріантність мір руху встановлено за відповідними теоремами: теореми повної та кінетичної енергії для неконсервативних механічних систем $E'=T'+\Pi'=D, D=-2 \cdot R$ (рисунок 2), $T'=W$ (рисунок 3), де E, T, Π - повна, кінетична, потенціальна енергії, W, R – потужність, функція Релея.

РОЗРАХУНОК КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ СИЛОВИХ ПЕРЕДАЧ З КАРДАННИМ ВАЛОМ

Беломитцев А.С., Дружинін Є.І., Матюшенко Д.Р

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

Карданне з'єднання валів є одним з джерел збудження крутильних коливань в силових передачах (СП) машин.



При дослідженні сталих рухів СП приведені до валу двигуна кути повороту мас приймаємо у вигляді

$$\varphi_i = \omega t + \vartheta_i, \quad \varphi'_j = \omega t + \vartheta'_j, \quad i=1,4, \quad j=2,3,$$

де $\omega = const$ – стала складова кутової швидкості вала двигуна; $\vartheta_i, \vartheta'_j$ – малі періодичні функції. Рівняння руху системи мають вигляд:

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\vartheta}_1 = M + c_1(\vartheta_2 - \vartheta_1), \\ [I_2 + \frac{I'_2 \cos^2 \gamma}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 k(\omega t + \vartheta_2))^2}] \ddot{\vartheta}_2 = -c_1(\vartheta_2 - \vartheta_1) + \\ + \frac{c_2 \cos \gamma (\vartheta'_3 - \vartheta'_2)}{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 k(\omega t + \vartheta_2)} + \frac{k I'_2 \cos^2 \gamma \sin^2 \gamma (\omega + \dot{\vartheta}_2)^2}{[1 - \sin^2 \gamma \cos^2 k(\omega t + \vartheta_2)]^3} \sin 2k(\omega t + \vartheta_2), \\ [I_3 + \frac{I'_3 \cos^2 \gamma}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 k(\omega t + \vartheta_3))^2}] \ddot{\vartheta}_3 = c_3(\vartheta_4 - \vartheta_3) - \\ - \frac{c_2 \cos \gamma (\vartheta'_3 - \vartheta'_2)}{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 k(\omega t + \vartheta_3)} + \frac{k I'_2 \cos^2 \gamma \sin^2 \gamma (\omega + \dot{\vartheta}_2)^2}{[1 - \sin^2 \gamma \cos^2 k(\omega t + \vartheta_3)]^3} \sin 2k(\omega t + \vartheta_3), \\ I_4 \ddot{\vartheta}_4 = -M - c_3(\vartheta_4 - \vartheta_3) - c_4 \vartheta_4. \end{cases}$$

Для аналізу сталих рухів СП використовуються наближені лінійні диференціальні рівняння з періодичними коефіцієнтами та метод гармонічного балансу.

За результатами розрахункових досліджень багатомасової моделі землерийної гусеничної машини, що містить карданну передачу, і зіставлення їх з експериментом, надано рекомендації щодо зниження рівня динамічних навантажень в елементах і вузлах конструкції.

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВОГО АНАЛІЗУ ПОВЗУЧОСТІ ТА РУЙНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

Бреславський Д.В., Метельов В.О., Коритко Ю.М.,

Пащенко С.О., Сенько А.В., Татарінова О.А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків

Доповідь присвячено опису розроблених авторами програмних засобів, що присвячені для чисельного моделювання деформування при повзучості та руйнування конструктивних елементів [1]. Створені чотири програмні комплекси реалізують розрахунки за схемами плоского напруженого стану, плоскої деформації, неосесиметричних оболонок обертання та загального тривимірного випадку. Рівняння стану представлено інкрементальними співвідношеннями для деформування при повзучості та кінетичними рівняннями для параметра пошкоджуваності – скалярного Работнова-Качанова та тензорного для опису матеріалів з анізотропією властивостей.

У програмному забезпеченні реалізовано можливість аналізу циклічного, чи періодичного навантаження, що часто має місце в конструкціях. Для цього застосовуються асимптотичні методи та методи осереднення на періоді змінювання навантажень. Аналогічно розглядається задача визначення впливу на повзучість та руйнування циклічних нагрівань-охолоджень. Для розв'язання крайових задач залучено метод скінченних елементів, початкових – різницеві методи інтегрування за часом. Для визначення температурних полів розв'язуються задачі нестационарної теплопровідності.

Для випадку плоского напруженого стану розроблено програму для чисельного аналізу розповсюдження тріщини у пошкодженому середовищі. Створено методику ідентифікації параметрів, що входять до рівняння для швидкості зростання тріщини. Константи для цього рівняння отримуються за чисельним розв'язанням задачі повзучості та накопичення пошкоджень для кожної поточної конфігурації зруйнованого елементу.

Для демонстрації можливостей розробленого програмного забезпечення розглянуто приклади, в яких моделюється напружено-деформований стан найбільш розповсюджених елементів конструкцій, що працюють в умовах дії температурно-силових та радіаційних полів. Задачі розв'язано для моделей лопаток та корпусів двигунів, елементів активної зони ядерних реакторів, товстостінних труб та їхніх трійникових з'єднань. Аналізуються отримані розподіли температур, компонентів напружено-деформованого стану, параметру пошкоджуваності й форми та швидкості руху тріщин.

Література:

1. Бреславський Д.В. Проектування та розробка скінченноелементного програмного забезпечення. / Д.В. Бреславський, Ю.М. Коритко, О.А. Татарінова. – Харьков, «Підручник НТУ «ХПИ». – 2017. – 232 с.

ФОРМУВАННЯ СПЕКТРА ЧАСТОТ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ СИЛОВИХ ПЕРЕДАЧ МАШИН

Грищенко В. М.

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

Сучасні машини з ДВЗ об'єднують наявність потужного джерела періодичних навантажень в широкому діапазоні частот, наявність відносно податливої трансмісії, схожість характеру динамічних процесів, схожість методів аналізу. Дослідження крутильних коливань для таких систем є обов'язковим. Важливою складовою цього аналізу є розрахунок спектра власних частот та форм коливань.

Звичайно, дійсна трансмісія замінюється ідеалізованою еквівалентною моделлю. В ній враховуються основні рухомі маси: двигуна, маховика дизеля та муфти зчеплення, редукторна частина коробки передач, бортових редукторів, карданні вали, кінцеві передачі, ведучі колеса, та інші агрегати.

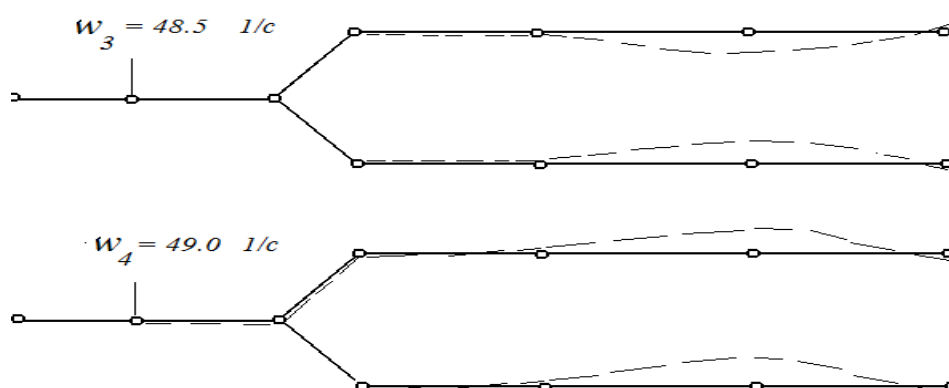
Формування спектру частот та форм коливань силової передачі трансмісійних машин має певні особливості обумовлені, зокрема, певною симетрією: наявністю ідентичних незалежних одна від одної головних передач.

В умовах значного росту порядків системи рівнянь важливого значення набувають підходи по радикальному їх пониженню.

В роботі розглядається аналіз власних крутильних коливань характерної еквівалентної динамічної схеми силової передачі та перспективи побудови більш простої. Для чисельних розрахунків прийнята 12-масова ланцюгова схема типової силової передачі трактора та її аналог - спрощена 8-ми масова.

Показано, що спектр достатньо щільний; є поява очікуваних пар майже кратних частот; деякі з форм коливань носять яскравий парціальний характер. Розглянуто також вплив на спектр частот ефекту пониження порядку рівнянь шляхом об'єднання певних мас.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ω_i	7.11	7.60	48.5	49.0	188.8	416.7	470	807	912	1953	3636
рад/с	7.11	7.64	48.5	49.1	175.9	281.5	452	-	-	-	-



АНАЛІЗ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ ТУРБОНАДДУВА ДВИГУНА 6ТД

Дружинін Є.І., Беломитцев А.С., Гудзоватий І.О.

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

Розробка універсальних та ефективних методів нелінійного аналізу і синтезу силових передач з гідроприводами, диференціальними механізмами і роликowymi механізмами вільного ходу, до яких відноситься система турбонаддува (СТ) двигуна 6ТД, є необхідною умовою створення сучасних машин при мінімальних витратах на їх конструювання та доведення. Існуючі методи розрахунку таких систем не дозволяють проводити в повному обсязі аналіз їх динаміки, що ускладнює вирішення низки питань практики, а саме, автоматизацію проектування та прогнозування їх динамічних якостей, прийняття обґрунтованих рішень при зіставленні аналогічних конструкцій і таке інше.

У роботі були проведені розрахункові дослідження вільних, а також вимушених рухів СТ двигуна 6ТД з метою оцінки динамічних навантажень її елементів, а також з'ясування можливості їх зниження. Дискретна модель СТ описувалася 21 узагальненою координатою і містила 35 інерційних, 20 пружних, 14 дисипативних і 12 силових елементів.

Для побудови скелетних кривих (СК) і визначення форм коливань використовувався метод гармонійної лінеаризації. Для дослідження сталих коливань була використана інтегральна форма рівнянь руху СТ типу Гамерштейна. Розрахунки проводилися методами Ньютона-Канторовича, осереднення функціональних поправок і Пікара.

Встановлено, що гідрооб'ємна передача, яка входить до складу СТ, породжує спектр частот, що вкладається в діапазони збурювального впливу ДВС по першій і шостій гармоніках, це означає, що в цьому частотному діапазоні вона може посилювати коливання що породжує двигун. Також було встановлено, що зміна нахилу шайби гідронасоса в діапазоні від -18° до $+18^\circ$ складним чином "деформує" частотний спектр СТ. У зв'язку з цим потрібно було вирішувати задачу відлаштування (ЗВ) спектру частот СТ з робочого діапазону частот обертання ДВС, тому що лише вдале вирішення цієї задачі забезпечує якісну динаміку функціонування системи в цілому.

ЗВ в першу чергу передбачає визначення СК. У роботі досліджувалось питання вибору оптимального алгоритму побудови СК в заданому діапазоні амплітуд деформацій. Зроблено висновок, про те, що з ціллю спрощення реалізації алгоритму визначення СК на основі структурних матриць необхідно вибирати переміщення нелінійних ділянок в якості узагальнених координат.

СТ двигуна 6ТД має достатньо насичений частотний спектр, значна частина якого знаходиться у діапазоні робочих обертів двигуна 6ТД, тому ЗВ виявилася дуже складною і в повному обсязі (з урахуванням допустимих діапазонів варіюваних параметрів) не була вирішена.

СПЕЦІАЛІЗОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ МІЦНОСТІ РЕМОНТНИХ З'ЄДНАНЬ ТРУБОПРОВОДІВ

Дудник Є.В.

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

Бандажовані труби знаходять широке застосування при спорудженні трубопроводів. Бандажування вигідно відрізняється від відомих конструкцій, оскільки дозволяє суттєво підвищити продуктивність діючих трубопроводів. Ефективним є також використання бандажів для підсилення несучої здатності технологічних трубопроводів обв'язки компресорних і насосних станцій, а також можуть бути застосовані для зменшення рівня вібрацій за рахунок збільшення моменту опору поперечного перерізу трубопроводу, підсиленого бандажем. Зміцнюючі бандажні-оболонки зазвичай виготовляють з металів або композитів. Найбільш поширеним представником композитних матеріалів є склопластик, який володіє комплексом фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей. Завдяки високій міцності, добрій хімічній стійкості і ізоляційним властивостям бандажі із склопластиків виконують одночасно функції як зміцнення так і ізоляції. Існує велика кількість різноманітних трубопроводів і часто виникає проблема у тому, щоб мати інструмент для аналізу міцності елементів трубопроводів за різних геометричних параметрів конструкції та різних умов експлуатації.

Мета роботи полягає у створенні автоматизованої системи для проведення аналізу конструкції труби з корозійним пошкодженням, розробити алгоритми автоматизованої побудови геометричної моделі цієї конструкції. Реалізувати зазначені алгоритми для побудови геометричної моделі фрагменту трубопроводу із застосуванням графічної бібліотеки OpenGL. Побудувати систему макросів в ANSYS, що дозволить створювати параметричні геометричні моделі у відповідності до запропонованих вхідних даних і алгоритмів. Автоматизувати процес накладання сітки, граничних умов на дану модель, автоматизувати побудову моделі композитного бандажу, що використовується для посилення трубопроводу в місці корозійного пошкодження.

Результатом стало створення системи для побудови моделі труби з корозійним пошкодженням. Проведення дослідження міцності трубопроводу, зокрема й такого, що є посилений композитним бандажем.

Розрахункова частина виконана за допомогою ANSYS, зараз триває розроблення бібліотеки для розрахунку методом MCE з метою відмовитися від сторонніх додатків.

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВОГО АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРНОЇ МОДЕЛІ ПОХИБОК ВОГ

Задорожний І.В., Сурганова Ю.Е.

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

Актуальність даної теми пов'язана з необхідністю підвищення точності інерціальних навігаційних систем, які в обов'язковому порядку використовуються на різних транспортних засобах.

Доповідь присвячена опису розроблених авторами програмних засобів, що спрямовані на отримання даних для оцінки параметрів температурної моделі похибок волоконно – оптичних гіроскопів (ВОГ). Створено два програмних комплекси, розрахунки яких базуються на стандартній системі похибок ВОГ та на математичній моделі вимірів з урахуванням інструментальних похибок. Таким чином, завдання полягає в отриманні даних для подальшої оцінки похибок інерціального блоку (ІБ).

Для підвищення гладкості у вимірах бажано використовувати надмірну кількість вимірів. Задача виявити усереднену похибку, а за один момент часу цього здійснити неможливо, тому використовують надмірну кількість вимірів. Згідно [1] при оцінюванні параметрів будь – якої лінійної моделі по надмірній кількості вимірів, як правило, застосовують метод найменших квадратів (МНК). Він дозволяє здійснити апроксимацію, найкращу з точки зору мінімуму середньоквадратичного відхилення від наявних вимірів. У програмному засобі реалізовано метод доповненої матриці, який є модифікацією рекурентного МНК та відрізняється правилом введення стартової матриці і начального розв'язку. На виході алгоритму маємо параметри температурної моделі. Критерієм оцінки працездатності є точність оцінювання похибок. Цю точність можна отримати тільки в умовах імітаційного моделювання. Таким чином, найбільш адекватним критерієм ефективності калібрування слід вважати підвищення точності інерціального числення в ІБ внаслідок використання компенсуючих моделей.

Література:

1. Математические основы инерциальной навигации: учеб. пособ. / В.Б. Успенский, О.А. Татаринова. – Х.:Изд-во «Підручник НТУ «ХПИ»», 2017. – 192 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ РОБОТИ МАШИННО-ТРАКТОРНИМ АГРЕГАТОМ В УМОВАХ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ МАС В ЦИСТЕРНІ

Кожушко А.П.

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

В процесі виконання транспортних робіт машинно-тракторний агрегат передусім займається перевезенням вантажу (твердого або рідкого). Особливий інтерес представляє дослідження перевезення рідких вантажів, адже в такому випадку виникають власні коливання рідини, які в комплексі з вимушеними коливаннями транспортного засобу (рух по складному рельєфу) впливають на забезпечення стійкого руху цистерни та колісного трактора в цілому. Що, в свою чергу, призводить до додаткових енергетичних витрат, тому розкриття проблеми забезпечення стійкого руху транспортного засобу при перерозподілі центру мас в цистерні є актуальним.

Аналізуючи наукові роботи, які пов'язані з описом математичного апарату моделі руху машинно-тракторного агрегату з цистерною встановлено, що їх не так і багато, а точніше немає. Це обумовлено перш за все складністю математичного апарату, тому розраховується лише окрема складова руху машинно-тракторного агрегату зі зміною масою. Таким чином, даний аналіз підкреслює доцільність обраної тематики досліджень.

Задля вирішення наведеної вище проблеми необхідно розробити математичний апарат, який враховує рух в поздовжній та поперечній площинах. При дослідженні поперечних коливань зауважимо, що вони не суттєво впливають на загальну коливальну систему транспортного засобу з причіп- та напівпричіп-цистернами (лише в випадку повороту) при прямолінійному русі. Тому при дослідженні повздовжніх коливань під рухом по нерівному рельєфу розуміються миттєві середні значення переміщень для лівого та правого колеса на кожному із мостів окремо.

При формуванні комплексної математичної моделі для оцінки пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни (причіп- або напівпричіп-цистерни), цілком доцільно наводити математичний апарат, розбивши його на складові. Адже розглядати окремо вертикальні, поздовжні та кутові переміщення остова, кабіни, сидіння трактора та платформу цистерни з рідиною, що знаходиться в ній, це більш інформативно. Проте, оскільки кути передачі зусилля між трактором і причепом є малими, повздовжні коливання всіх зосереджених мас (корпусів трактора і цистерни, мостів, шин, кабіни, сидіння) припустимо, що вони співпадають по фазі двох чи декількох періодичних коливань.

Розроблена математична модель дозволяє оцінювати не тільки енергетичні втрати, а й вплив на такі аспекти руху, як плавність руху, керованість, стійкість, маневреність та безпеку руху.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «КИДИМ»

Конкин В.Н., Андреев Ю.М., Конкин С.В.
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков

При определении коэффициентов запаса и вероятности разрушения вращающегося вала при совместном действии изгиба и кручения, т.е. находящегося в условиях сложного регулярного нагружения, возникает проблема определения опасной точки в каждом из расчетных сечений. Выбор этих сечений связан с видом функций изменения изгибающих и крутящих моментов по длине вала, а также с наличием конструктивно-технологических факторов, например, концентраторов напряжений.

Предполагается, что все нагрузки изменяются синхронно с вращением вала, т.е. могут быть заданы периодическими функциями угла поворота вала φ . Поскольку внутренние силовые факторы при изгибе с кручением вала представляют собой линейные функции внешних нагрузок, то изгибающие и крутящие моменты в любом сечении вала также могут быть представлены в виде периодических функций.

За опасную точку в расчетном сечении будем принимать ту, в которой переход к предельному состоянию материала возможен раньше, чем в других. Для вала круглого поперечного сечения наибольшие нормальные напряжения в любой момент времени для точек, расположенных на одном радиальном луче, реализуются на поверхности вала и зависят от положения точки, которое задается угловой координатой α в начальном положении вала и меняется на угол φ при его повороте. Тогда при действии на вал изгибающих моментов в двух плоскостях, которые не меняют своей ориентации относительно неподвижной системы координат, нормальные напряжения в данной точке могут быть вычислены по следующему соотношению

$$\sigma(\varphi) = \frac{1}{W_x} [(M_{xm} + M_{xa} \cos(\varphi)) \sin(\varphi + \alpha) + (M_{ym} + M_{ya} \cos(\varphi)) \cos(\varphi + \alpha)]$$

Закон изменения касательных напряжений во времени будет одинаков для всех точек поверхности вала в данном сечении и не влияет на выбор опасной точки.

Аналитическое решение проблемы выбора опасной точки не представляется возможным и требует численного решения, связанного с нахождением точки с такой угловой координатой α , для которой параметры цикла напряжений оказываются наиболее близкими к предельным значениям, определяемым диаграммой предельных амплитуд для данного материала.

В данной работе для определения положения опасной точки предлагается использовать программный комплекс «КИДИМ», который позволяет определить характеристики цикла напряжений в точках поверхности вала, задаваемых углом α с требуемой дискретностью, например, через 5° , затем вычислить значение коэффициента запаса по одному из выбранных соотношений, получаемых при схематизации диаграммы предельных амплитуд напряжений.

ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНИЙ МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОХИБОК МАЯТНИКОВИХ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ В НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДАХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Кузнєцов Ю.О., Меша Ю.В.

***Науково-виробниче підприємство Хартрон-Аркас,
м. Харків***

В сучасних навігаційних приладах систем управління об'єктів ракетно-космічної техніки механічні гіроскопи замінюються на оптичні [1]. У навігаційних приладах розробки Науково-виробничого підприємства Хартрон-Аркас використовуються волоконно-оптичні гіроскопи (ВОГ) і маятникові акселерометри (АК) середнього класу точності. Для забезпечення потрібних точностних характеристик навігаційних приладів вони створюються як безплатформні інерціальні навігаційні системи на базі фільтру Калмана з інтегруванням із зовнішніми джерелами інформації: для космічних апаратів з астровимірною системою, для ракет-носіїв і безпілотних літальних апаратів з апаратурою споживача супутникових навігаційних систем та з іншими датчиками зовнішньої інформації. Крім того, прилади проходять наземне калібрування і термічні випробування з метою компенсації температурних похибок ВОГ і АК програмно-алгоритмічними методами, що дозволило відмовитися від термостатування, тим самим вдалося уникнути збільшення ваги і габаритів приладів.

У роботі розглядаються основні принципи технології проведення термічних випробувань та обробки даних випробувань, побудови апроксимаційних моделей систематичних похибок датчиків, залежних від температури, і подальшої їх компенсації в алгоритмах обробки вимірів в діапазоні температур від $+50^{\circ}\text{C}$ до -40°C . Для термічних випробувань на підприємстві використовувався динамічний двовісний стенд з поворотною термокамерою ACUTRONIC AC2247 TCM. Результати термокомпенсації похибок ВОГ раніше оприлюднювалися в декількох роботах [2, 3], тому особлива увага в даній роботі приділяється новим отриманим результатам з питань термокомпенсації теплових похибок масштабних коефіцієнтів і тяжіння АК. Обрано структуру математичних моделей теплових похибок АК, проведено параметричний синтез, перевірку на адекватність, результатам надано наочну візуалізацію. Розроблена технологія апробована на реальних приладах, оцінена її ефективність, досягнуті точностні характеристики. Це дозволило впровадити технологію в штатний процес створення навігаційних приладів різного призначення на підприємстві.

Література:

1. Шереметьев А. Г. Волоконный оптический гироскоп [Текст] / А. Г. Шереметьев. – М.: Радио и связь, 1987. – 152 с.
2. Zlatkin O.Yu., Oleynik S.V., Chumachenko A.V., Kuznyetsov Yu.A., Kozhuhov V.D., Uspensky V.B., Gudzenko A.V. The development of a high-precision strapdown inertial system based on medium-accuracy fiber-optic gyroscopes for rocket and space applications // 21th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems. Proceedings. – Saint Petersburg: CSRI “Elektropribor”, 2014, pp. 272-287.
3. Успенский В.Б., Хацько Н.Е., Кузнєцов Ю.А., Олейник С.В. Исследование температурной зависимости дрейфа ВОГ [Текст] // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя: ЗНТУ, – 2012. – № 2 (27). – С. 152–156.

ЧИСЕЛЬНІ ТА АНАЛІТИЧНІ РОЗРАХУНКИ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ЗА УМОВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Лавінський Д.В., Конкін В.М.

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

Згідно до фундаментального закону Джоуля-Ленца при протіканні електричного струму спостерігаються ефекти тепловиділення, які вносять значні зміни до температурного поля електропровідного тіла. Рівні температури є тим більшими, чим більшими є рівні електромагнітного поля. Високі енергії електромагнітного поля спостерігаються за умов технологічних операцій електромагнітної обробки матеріалів, де вони призводять також до суттєвих рівнів температури. Ці процеси можуть бути супроводжуваними (як при силовій магнітно-імпульсній обробці) та і основними (як у процесах магнітно-імпульсного нагрівання). Розрахункові дослідження з розподілу температури є необхідними для вибору раціональних експлуатаційних та конструкційних параметрів як з точки зору досягнення ефективності нагріву так і з точки зору оцінювання довговічності та працездатності елементів технологічних систем.

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. 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. Так при визначенні температурного поля доводиться нехтувати ефектами теплопередачі, граничними умовами, а також практично неможливим стає врахування залежності електрофізичних властивостей від температури. 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 індукційне нагрівання циліндричного тіла зовнішнім багатовитковим спіральним індуктором. Аналітичний розв'язок проводився у припущенні рівномірного просторового розподілу температури по заготовці. Чисельний розв'язок проводився із урахуванням заготовки скінчених розмірів, яка знаходилась в умовах конвекційного теплообміну із зовнішнім середовищем.

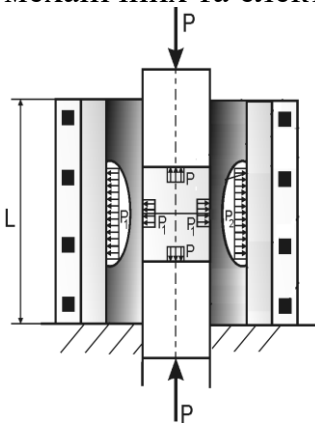
ДЕФОРМУВАННЯ СКЛАДЕНИХ ПРЕС-ФОРМ ПРИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПРЕСУВАННІ НАГРІТИХ ПОРОШКІВ НАДМІЦНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лавінський Д.В., Морачковський О.К.

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

Актуальність теми визначено тим, що взаємодія електромагнітного поля (ЕМП) з електропровідними тілами приводить до їх руху або деформації, а також, у наслідок закону Джоуля-Ленца про тепловиділення при протіканні електричного струму, до виникнення джерел тепловиділення, які призводять до змін у температурному полі тіла. При цьому рівні енергії ЕМП можуть бути настільки значними, що зміна температурного поля призведе до незворотної деформації або руйнування конструктивних елементів електрофізичних установок. Ефекти тепловиділення при протіканні електричного струму застосовуються у технологічних цілях. Інтенсивне тепловиділення є умовою проведення технологічних операцій магнітно-імпульсної обробки матеріалів (МІОМ). У процесах компактування порошкових сполук надміцних матеріалів нагрівання заготовки є необхідним елементом технологічного процесу.

У дослідженнях застосовано сучасний підхід, що спирається на використання методу скінчених елементів (МСЕ). Використання МСЕ дозволило із великим ступенем наблизити до реальних умов при моделюванні геометрії конструкційних елементів, умов контактної взаємодії, а також врахувати особливості поведінки матеріалів. Наприклад, враховано залежність механічних та електрофізичних властивостей від температури.



На рисунку надано розрахункову схему прес-форми разом із багатовитковим індуктором. Із застосуванням МСЕ здійснено аналіз деформування складених прес-форм, призначених для електромагнітного пресування нагрітих порошків надміцних матеріалів, та визначені експлуатаційні межі застосування прес-форм конкретних типів. Аналіз деформування прес-форм виконано зі спільним розгляд «інструменту» (індуктор) циліндр з ВВКМ і «заготовки» – порошку і графітового циліндру-вкладиш. Процес пресування порошку має три етапи:

вільне осадження порошку, пружне деформування пористого тіла, пружно-пластичне (формозміна) деформування пористого тіла. **Етап вільного осадження порошку** призводить до незначного силового впливу на «інструмент». Аналіз **пружного деформування** розпадається на три незалежні процеси пошуку вузлових значень: векторного магнітного потенціалу, температури і вектора переміщень. Зв'язок задач обумовлюється наявністю електромагнітних сил, які визначено відповідно до принципу віртуальної роботи, а також джерел тепловивільнення. При розгляді **пружно-пластичного деформування** мав місце ітераційний процес, на кожній ітерації якого розв'язувалась квазіпружна задача.

ЗАСТОСУВАННЯ ВАРІАЦІЙНО-СТРУКТУРНОГО МЕТОДУ ДО ГЕОМЕТРИЧНО-НЕЛІНІЙНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГРАДІЄНТНИХ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ

Любицька К.І., Морачковська І.О.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У даній роботі пропонується підхід до вирішення завдань геометрично нелінійного згину функціонально-градієнтних (FGM) пологих оболонок, що мають в плані довільну форму, під дією поперечного навантаження при врахуванні впливу пружної основи типу Вінклера-Пастернака.

Постановку було виконано в рамках класичної геометрично-нелінійної теорії. Було розглянуто сферичну FGM оболонку, властивості матеріалу в якій безперервно змінюються уздовж товщини за степеневим законом.

Лінеаризацію вихідної системи рівнянь виконано методом послідовних навантажень [3]. Отримане рішення уточнювалося за допомогою методу Ньютона-Канторовича. В якості початкового наближення для нього вибиралося рішення, отримане після застосування методу послідовних навантажень. У загальному випадку, для конструктивних елементів складної форми з комбінованими умовами закріплення рішення лінеаризованих рівнянь на кожному кроці лінеаризації є окремою проблемою. Для її вирішення було застосовано метод R-функцій (RFM) [1] в поєднанні з варіаційним методом Рітца, який зводиться до побудови послідовностей координатних функцій і знаходження точок стаціонарності відповідного функціоналу.

В рамках системи POLE-RL було розроблено програмне забезпечення, що реалізує запропонований підхід. Проведено його тестування, отримані результати для прямокутних сферичних оболонок порівняно з даними, наявними в літературі [3]. Їх гарний збіг підтверджує достовірність розробленого алгоритму. Розв'язано нові задачі по дослідженню впливу форми плану, жорсткості основи і способу закріплення на згин функціонально-градієнтних пологих оболонок.

Література:

1. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. К., 1982. – 552 с
2. Петров В.В. Метод последовательных нагружений в нелинейной теории пластин и оболочек. Саратов, 1975. – 119 с.
3. Woo, J. Nonlinear bending analysis of functionally graded plates and shallow shells / Woo, J. & Meguid, S.A. // Int. J. Solid and Structures, 2001. – 38. – pp. 7409-7421.

УСКОРЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ DLL-ПРОЦЕДУРЫ РАСЧЕТОВ ПРАВЫХ ЧАСТЕЙ

Малахова А.С., Андреев Ю.М.

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

В работе предложено усовершенствование реализованного в специальной системе компьютерной алгебры (ССКА) КиДиМ [1]-[2] алгоритма численного интегрирования уравнений динамики широкого класса механических дискретных систем с произвольными связями, в том числе нестационарными, неударяющими, неголономными на основе векторно-матричной формы основного уравнения механики. Конечной формой таких уравнений является форма Коши, используемая для численного интегрирования. Узким местом такого подхода является представление правых частей таких уравнений в памяти компьютера как аналитических выражений в виде бинарных деревьев. Несмотря на ряд принятых мер, для многих важных современных задач механики, например, из области робототехники, скорость вычисления значений таких правых частей является неудовлетворительной.

Поэтому здесь предлагается из сформированных с помощью программ ССКА КиДиМ в аналитическом виде правых частей автоматически сгенерировать программный код на языке C++, который тут же откомпилировать и записать на диске в виде DLL-процедуры. Тогда в процессе производства численного интегрирования в рамках работы соответствующих процедур ССКА КиДиМ, обращаться не к процедурам расчета значений формул по представлениям их в виде разветвленных списков в памяти ПК, а – к этой DLL-процедуре. Это дает возможность существенно поднять производительность всего процесса решения задач динамики указанных систем.

Основная трудность реализации описанного подхода лежит в пересортировке порядка вычислений большого массива переменных, входящих в правые части уравнений. Это связано с тем, что для успешной компиляции кода на C++, аналитические выражения должны быть представлены в порядке, когда каждое следующее выражение может содержать только переменные, представленные в коде программы выше. Реализуется создание указанной DLL-процедуры активизацией соответствующего пункта главного меню, что является одновременно указанием для программы загрузить и использовать в дальнейшем эту DLL-процедуру.

Литература:

1. Андреев Ю. М. О динамике голономных систем твердых тел / Ю. М. Андреев, О. К. Морачковский // Прикл. механика. — 2005. — Т. 41, №7. — С. 130—138.
2. Андреев Ю. М. Компьютерное моделирование неголономных систем твердых тел на основе принципа Даламбера-Лагранжа / Ю. М. Андреев, О. К. Морачковский // Прикл. механика. — 2006. — Т. 42, №9. — С. 106—115.

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕМПФУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РАДІАЛЬНОГО ПАСИВНОГО МАГНІТНОГО ПІДШИПНИКА З ДВОХ КІЛЬЦЕВИХ ПОСТІЙНИХ МАГНІТІВ ІЗ ОСЬОВОЮ НАМАГНІЧЕНОСТЮ

¹Мартиненко Г.Ю., ²Марусенко О.М.

¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,

²Інститут проблем машинобудування
ім. А.Н. Підгорного НАН України, м. Харків

Технічні переваги пасивних магнітних підшипників (ПМП), такі як надійність і довговічність, безшумність, відсутність сили тертя між рухомими і нерухомими деталями, здатність функціонувати при високих швидкостях обертання, в широкому діапазоні робочих температур, різних середовищах стимулюють зростання попиту на їх використання у таких конструкціях, як швидкісні роторні системи, турбодетандери, газотурбінні установки, накопичувачі інерційної енергії тощо. У роторах енергетичних машин вони використовуються у якості опорних вузлів і впливають на пружно-демпферні властивості всієї конструкції. Жорсткісні та демпфуючі характеристики ПМП залежать від таких складових як: властивості матеріалу, геометричні розміри, орієнтація намагніченості.

У роботі розглянуто радіальний ПМП (рис. 1), що складається з двох кільцевих постійних магнітів, які працюють на відштовхування. Аналітичне визначення демпфуючих властивостей ПМП доволі проблематичне, тому була використана розрахунково-експериментальна методика. За допомогою експериментальної лабораторної установки (рис. 1) були отримані осцилограми вільних згасаючих коливань ротора у вертикальному напрямі.

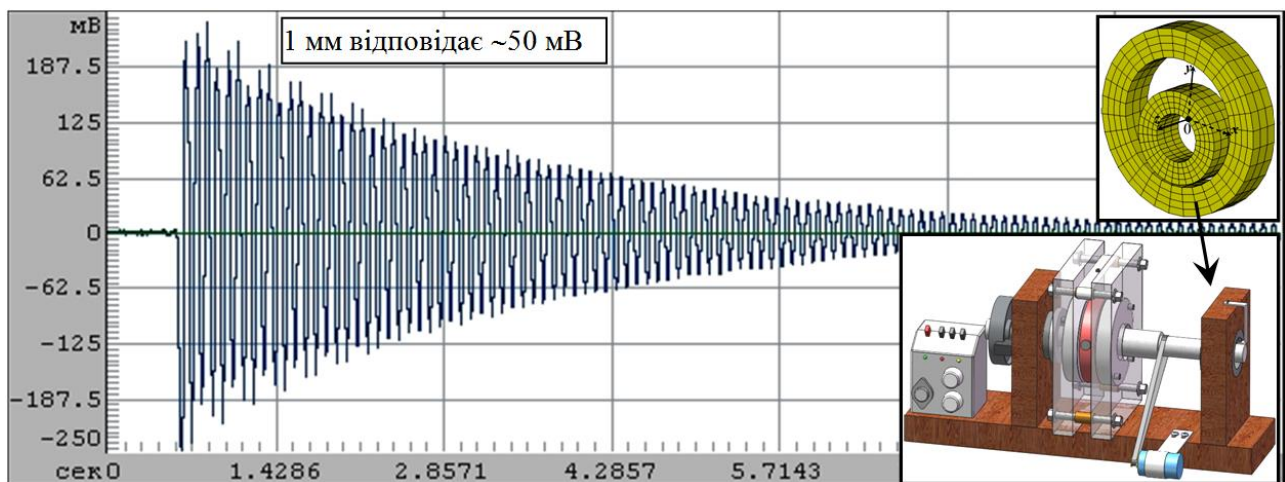


Рис. 1 – Осцилограма вільних коливань, ПМП та лабораторна установка

За методом затухаючих коливань віброграма розбивається на ряд ділянок із числом циклів N_c , для яких середнє значення логарифмічного декременту коливань (δ_A) визначається за формулою $\delta_A = (1/N_c) \ln(A_i/A_{i+N_c})$ (A – амплітуда, i – кількість ділянок) і відповідає середній амплітуді на ділянці $A_{i\text{cp}} = (A_i + A_{i+N_c})/2$. Встановлено, що значення декременту коливань ротора в двох радіальних ПМП при $A_{cp} = 3,5; 1,5; 0,5$ мм дорівнює відповідно $\delta_A = 0,035; 0,030; 0,029$.

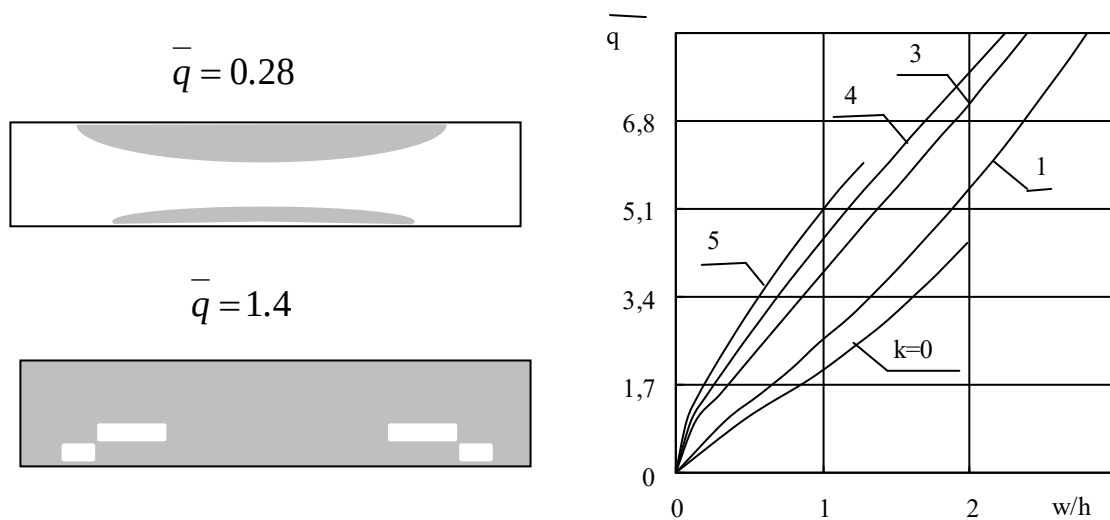
ТЕОРІЯ R-ФУНКЦІЙ У ДОСЛІДЖЕННІ ВИГИНУ ПАНЕЛЕЙ З ТЕХНОЛОГІЧНИМИ НАДРІЗАМИ ЕЛІПТИЧНОЇ ФОРМИ

Морачковська І.О.

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

Розглянуто чисельні дослідження вигину тонких циліндричних панелей з технологічними надрізами еліптичної форми. Дослідження виконано з використанням теорії R функцій та програмного пакету ПОЛЕ.

У розрахунках вивчався вплив глибини еліптичних надрізів і параметрів панелі на її деформування при пружному і пружно-пластичному стані. Матеріал панелі прийнятий таким, що відповідає діаграмі деформування з лінійним зміцненням при $\alpha = E'/E = 0,25$, $\nu = 0,3$, $\bar{\sigma}_T = 0,167$.



Рисунок

Область, зайнята панеллю, в розрахунках змінювалася зміною співвідношень між розмірами еліптичного надрізу: $\lambda = a_1/b_1 = (0,25; 0,5)$, при $a_1 = 0,5a$, $a = 1$. При цьому послідовно змінювався параметр кривизни панелі $\bar{k}_1 = k_1 a^2/h = (0,1,3,4,5)$. Для найбільшої глибини надрізу в центральному перерізі пластини на рисунку наведені зони пластичних деформацій при двох рівнях навантаження $\bar{q} = 0,28$ і $\bar{q} = 1,4$. Встановлено, що внаслідок впливу мембранних напружень при поперечних переміщеннях $w > (0,25 \dots 1)h$, ці зони несиметричні за розташуванням по товщині пластини. Максимальна по глибині поперечного перерізу зона спостерігається в центрі панелі, центральний перетин панелі знаходиться в пластичному стані, що слід прийняти в якості граничного навантаження для втрати несучої здатності панелі з надрізами. Залежності центрального прогину від параметра навантаження представлені на рисунку для панелей з різною кривизною ($\bar{k} = 0$ – пластина) при $\lambda = 0,25$. Кривизна панелі помітно впливає на жорсткість панелі не тільки кількісно, а й якісно. З ростом початкової кривизни панелі жорсткість помітно зростає. Параметри надрізу аналогічно помітно впливають на жорсткість панелі.

КОВАРІАНТНІСТЬ ТА ІНВАРІАНТНІСТЬ РІВНЯНЬ ЛАГРАНЖУ 2-го РОДУ

Морачковський О.К., Фоменко Н.О., Четверікова А.Д, Чуприніна К.Л.

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

При виконанні курсових та розрахункових робіт з Теоретичної та Аналітичної механіки для спеціальності 113 “Прикладна математика” за спеціалізацією «Комп’ютерна механіка», на підставі комп’ютерних досліджень на базі програмного комплексу «КІДІМ», розглянуто динаміку руху систем тіл з однією та двома ступенями вільності. Звісно, що шляхом інтегрування рівнянь Лагранжу 2-го роду визначають зміну у часі узагальнених координат та кінематичні характеристики руху тіл системи. Система рівнянь Лагранжа при поділі діючих сил на потенціальні і не потенціальні або з використанням функції Лагранжа $L = T - \Pi$, де T – кінетична, Π – потенційна енергії, мають просту скалярну форму:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_v} - \frac{\partial T}{\partial q_v} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_v} + Q_v^{HP}, \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_v} - \frac{\partial L}{\partial q_v} = Q_v^{HP}, \quad v = \overline{1, s}.$$

q_v – узагальнені координати, s – кількість ступенів свободи. Ці неоднорідні системи звичайних диференціальних рівнянь другого порядку щодо q_v – узагальнених координат є критерієм, що виділяє дійсний рух механічної системи з безлічі можливих рухів, сумісних з накладеними в’язями.

Коваріантність рівнянь це їхня не змінність за формою при зміні вибору системи лагранжевих координат (узагальнених координатних функцій).

В роботі, на прикладі механічної системи, наведено доказ, того що рівняння Лагранжа не змінні за формою з вибором нових узагальнених координатних функцій – q'_j , так що:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L'}{\partial \dot{q}'_j} \right) - \frac{\partial L'}{\partial q'_j} = 0, \quad L' = L(q(q'), \dot{q}(q', \dot{q}'), t),$$

Дійсно коли $q'_i = \alpha_i q_i, \dot{q}'_i = \alpha_i \dot{q}_i, t' = t$, $i = \overline{1, s}$, де α_i — постійні величини, в рівняннях маємо $L(q_i, \dot{q}_i, t) = L'(q'_i, \dot{q}'_i, t')$ й тому рівняння Лагранжу не змінюються.

Доведення інваріантності кількісних мір руху: кінетичні, потенційні та повні енергії, їхні похідні за часом, а також потужності та функції Релея здійснено обчислювальними розрахунками. Отримані залежності можна використовувати для встановлення дійсних значень характеристик руху, енергії, роботи та потужності сил та функції дисипації, які застосовуються при аналізі динаміки механічних систем.

Висновки. В роботі отримані результати розрахунків динаміки механічної системи тіл, які з’ясовують коваріантність та інваріантність рівнянь Лагранжа 2-го роду на підставі обчислювальних розрахунків досліджень динаміки механічної системи тіл на базі програмного комплексу «КІДІМ».

GAS TURBINE ENGINES IMPELLERS FORCED VIBRATION, CAUSED BY THE TURBULENT GAS FLOW STUDY

Morhun S., Kupriyanova I.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mykolaiv*

The task of the gas turbine impeller forced vibration amplitudes and frequencies determining is given. It is also assumed that the considered system of solid bodies (impeller) 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 such impeller generally includes a disk sector and a blade set in it with parts of bandages.

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 known. Due to the periodicity of the gas flow intensity, the function of pressure can be decomposed into a Fourier row:

$$- p = p_1 \cos(k\omega t) + p_2 \sin(k\omega t) \quad (3)$$

where k – is the number of the gas flow pressure harmonic.

Therefore, for the solution of gas turbine engine impellers forced vibration problem we need to solve matrix equation (2) that is formed by the usage of dependencies (3).

References:

1. Kairov A. S. Turbine engines bladed disks with circular damping links forced vibration / A. S. Kairov, S. A. Morhun // Journal of Mechanical Engineering. 2013. Issue №68. P. 128-133. doi: 10.20535/2305-9001.2013.68.36149. (in Russian).
2. Morhun S. The influence of the blade feather constructional inhomogeneity on the turbine cooling blades stress-strain state // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Series: Applied Mechanics. 2018. Issue 2/7 (92). P. 11-17. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.125937.

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО ПОРЯДКУ ТОЧНОСТІ АЛГОРИТМІВ ОРІЄНТАЦІЇ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕТАЛОННИХ МОДЕЛЕЙ

Плаксій Ю.А., Гомозкова І.О.

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

Проблема розробки ефективних алгоритмів *безплатформених інерціальних навігаційних систем* (БІНС) в теперішній час вважається вичерпаною. Розроблено велику кількість алгоритмів БІНС різного математичного порядку, зокрема алгоритмів орієнтації. Однак задача визначення фактичного порядку точності, який в умовах реального руху конкретного об'єкту може відрізнятися від математичного, і отримання коректних оцінок похибок алгоритмів все ж є актуальною. В теперішній час для оцінювання методичних похибок алгоритмів орієнтації традиційно застосовуються тестові рухи твердого тіла, основані на відомих випадках інтегрованості в квадратурах рівнянь обертання твердого тіла, таких як регулярна прецесія та конічне обертання. Для цих випадків ідеальні сигнали з виходів гіроскопів (*квазікоординати*) і параметри орієнтації, що їм відповідають, задаються в аналітичному вигляді.

Для визначення фактичного порядку алгоритму визначення кватерніона орієнтації $\Lambda_n^* = (\lambda_{n0}^*, \lambda_{n1}^*, \lambda_{n2}^*, \lambda_{n3}^*)$, де $\Lambda_n^* = \Lambda_{n-1}^* \circ \Delta\Lambda_n^*$, $\Delta\Lambda_n^* = (\Delta\lambda_{n0}^*, \Delta\lambda_{n1}^*, \Delta\lambda_{n2}^*, \Delta\lambda_{n3}^*)$, введемо локальну оцінку у вигляді

$$|\Delta\lambda_{nj} - \Delta\lambda_{nj}^*| = \alpha_{nj} \theta_n^{*N_j}, \quad j = \overline{0,3}, \quad (1)$$

де $\theta_n^* = \sqrt{\sum_j \theta_{nj}^{*2}}$, а для коефіцієнта α_{nj} виконується умова $\theta_n^* < \alpha_{nj} < 1$, де $\Delta\lambda_{nj}$, $\Delta\lambda_{nj}^*$ – відповідно еталонне та обчислене значення параметрів, що визначають поворот твердого тіла на інтервалі часу $[t_{n-1}, t_n]$.

Величину $N_f = \min_j N_j - 1$, де N_j – максимальний порядок θ_n^* , при якому забезпечується (1), будемо називати фактичним порядком алгоритма орієнтації.

Для моделювання обертального руху твердого тіла застосовано нову двочастотну модель обертання, основану на представленні кватерніон орієнтації у вигляді $\Lambda(t) = (\cos k_1 t \cdot \cos k_2 t; \sin k_1 t; \eta \cos k_1 t \cdot \sin k_2 t; \xi \cos k_1 t \cdot \sin k_2 t)$, де k_1 , k_2 – задані частоти, а для параметрів η і ξ виконується умова: $\eta^2 + \xi^2 = 1$. Тоді відповідний розв'язок динамічних рівнянь може бути представлений у вигляді:

$$\omega_1(t) = 2k_1 \cos k_2 t + 0,5k_2 \cos(2k_1 - k_2)t - 0,5k_2 \cos(2k_1 + k_2)t,$$

$$\omega_2(t) = -2\xi k_1 \sin k_2 t + \eta k_2 + \eta k_2 \cos 2k_1 t + 0,5\xi k_2 \sin(2k_1 + k_2)t + 0,5\xi k_2 \sin(2k_1 - k_2)t,$$

$$\omega_3(t) = 2\eta k_1 \sin k_2 t - 0,5\eta k_2 \sin(2k_1 + k_2)t - 0,5\eta k_2 \sin(2k_1 - k_2)t + \xi k_2 + \xi k_2 \cos 2k_1 t.$$

Для низки алгоритмів четвертого математичного порядку в умовах різних реалізацій двочастотної еталонної моделі обертання отримані значення похибок орієнтації у вигляді дрейфу і отримані значення фактичних порядків алгоритмів, а також коефіцієнтів α_{nj} . Запропонована методика може бути використана для більш детального оцінювання точності алгоритмів орієнтації.

ЧОТИРЬОХЧАСТОТНА ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА ДЛЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ОРІЄНТАЦІЇ

Плаксій Ю.А., Гомозкова І.О.

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

Сучасні системи управління рухомих об'єктів ґрунтуються на принципах безплатформеного управління. Цифровий образ опорної системи координат в безплатформених інерціальних навігаційних системах (БІНС) відтворюється за допомогою алгоритмів орієнтації. Для відпрацювання таких алгоритмів зазвичай застосовують тестові рухи у вигляді еталонних моделей обертання твердого тіла, які встановлюють певний зв'язок між кватерніоном орієнтації і первинною інформацією про обертання твердого тіла (ідеальними сигналами з виходів гіроскопів – квазікоординатами). Оскільки реальний рух об'єкта є більш складним, ніж регулярна прецесія або конічне обертання, то розробка нових еталонних моделей є актуальною задачею точного аналізу алгоритмів.

Запропоновано нову аналітичну еталонну модель обертання твердого тіла, яка ґрунтується на чотирьохчастотному представленні компонент кватерніона орієнтації:

$$\begin{aligned}\lambda_0(t) &= \cos(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) + \sin(k_1 t) \cdot \sin(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t); \\ \lambda_1(t) &= \cos(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t) \cdot \cos(k_4 t) - \sin(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) \cdot \sin(k_4 t); \\ \lambda_2(t) &= \sin(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) \cdot \cos(k_4 t) + \cos(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t) \cdot \sin(k_4 t); \\ \lambda_3(t) &= \sin(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) - \cos(k_1 t) \cdot \sin(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t),\end{aligned}\tag{1}$$

де k_1, k_2, k_3, k_4 – частоти, які задаються.

Проекції вектора модельної кутової швидкості твердого тіла на зв'язані осі, що відповідають орієнтації (1), можна отримати з оберненого кінематичного рівняння у вигляді:

$$\begin{aligned}\omega_1 &= 2k_3 \cdot \cos((k_1 - k_4)t) + 0.25(k_1 + k_4) \cdot (\cos((-k_1 + 2(k_2 + k_3) + k_4)t) - \cos((k_1 + 2(k_2 + k_3) - k_4)t) - \\ &\quad - \cos((k_1 - 2(k_2 - k_3) - k_4)t) + \cos((-k_1 - 2(k_2 - k_3) + k_4)t) - 2\sin((-k_1 + 2k_2 + k_4)t) - \\ &\quad - 2\sin((k_1 + 2k_2 - k_4)t)) + k_2(\sin((k_1 - 2k_3 - k_4)t) + \sin((k_1 + 2k_3 - k_4)t)); \\ \omega_2 &= k_2(\cos((k_1 - 2k_3 - k_4)t) + \cos((k_1 + 2k_3 - k_4)t)) - 2k_3 \cdot \sin((k_1 - k_4)t) + \\ &\quad + 0.25(k_1 + k_4)(2\cos((k_1 - 2k_2 - k_4)t) - 2\cos((k_1 + 2k_2 - k_4)t) - \sin((k_1 + 2(k_2 - k_3) - k_4)t) + \\ &\quad + \sin((k_1 - 2(k_2 - k_3) - k_4)t) - \sin((k_1 - 2(k_2 + k_3) - k_4)t) + \sin((k_1 + 2(k_2 + k_3) - k_4)t)); \\ \omega_3 &= 0.5(k_1 + k_4) \cdot (\cos(2(k_2 - k_3)t) + \cos(2(k_2 + k_3)t)) + (k_1 - k_4) - 2k_2 \sin(2k_3 t).\end{aligned}\tag{2}$$

Тестовий рух на основі еталонної моделі (1), (2) включає також аналітичні вирази для квазікоординат.

Результати чисельних реалізацій запропонованої еталонної моделі для різних значень частот k_1, k_2, k_3, k_4 у вигляді побудованих траєкторій у конфігураційному просторі параметрів орієнтації показали, що відповідний тестовий рух є більш складним у зрівнянні з регулярною прецесією і конічним рухом. Також за допомогою запропонованої еталонної моделі отримані оцінки похибок дрейфу для деяких алгоритмів орієнтації четвертого порядку.

МОДЕЛЮВАННЯ ДОПУСТИМОГО ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙ НА РОБОТУ АСТРОІНЕРЦІЙНОГО БЛОКУ

Погорілов С.Ю., Пугачов Р.В.

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

В бортових системах керування сучасних космічних літальних апаратів, серед інших, використовується безплатформений астроінерційний блок (БАІБ), до складу якого входять волоконно-оптичні гіроскопи (ВОГ) середнього класу точності.

Доповідь присвячена розробці методики оцінки допустимого рівня вібрацій, що можуть відбуватись під час роботи ВОГ.

ВОГ розташовуються таким чином, щоб їх осі чутливості були взаємно ортогональними і співпадали з базовою системою координат. Під час експлуатації відбувається поворот осей чутливості відносно базової системи координат. Кути між осями базової системи координат і осями чутливості ВОГ називаються неортогональностями, які є одним з факторів, що призводять до погрешностей вимірювань приладу, і мають бути враховані при обробці отриманих результатів вимірювань.

В процесі експлуатації на систему впливають вібрації різної природи, вплив яких здатне вносити спотворення в роботу навігаційної системи, порушуючи ортогональність осей чутливості.

Метою пропонованої роботи є визначення допустимих амплітуд вібрацій, що впливають на корпус з встановленим в ньому блоком чутливих елементів, виходячи з допустимих величин відхилення осей чутливості гіроскопів щодо базової системи координат.

Рішення задачі передбачало виконання таких етапів:

1. Побудова тривимірної і скінчено-елементної моделей БАІБ.
2. Розрахунок деформованого стану БАІБ і визначення порушення кутів між осями чутливості ВОГ і базової системи координат під дією сил інерції.
3. Визначення власних частот коливань БАІБ.

Для побудованої тримірної моделі визначаються граничне значення прискорення та власні частоти коливань, на основі чого обчислюється допустима амплітуда вібрації для певного діапазону частот.

Це дозволить уточнити вимоги до умов експлуатації БІНС і відокремити похибки роботи системи, пов'язані з неприпустимими режимами експлуатації.

ВПЛИВ УМОВ ЗАКРІПЛЕННЯ ТА НАЯВНОСТІ ПЕРЕГОРОДОК НА ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ОБОЛОНОК ОБЕРТАННЯ

Розова Л.В., Тишковець О.В.

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

У машинобудуванні широко використовуються конструкції, елементами яких є оболонки обертання з різними формами меридіана. Це корпуси енергетичних установок, насосів, колони випарних апаратів, нафтосховища і таке інше. Проблема побудови теорій, методів, алгоритмів розрахунку оболонкових конструкцій віддають свої сили багато колективів учених в нашій країні та за її кордоном. Такі оболонки зазвичай є частково заповненими рідиною, працюють в умовах інтенсивних силових впливів. Для оцінки міцності та ресурсу конструкцій, складених з оболонок обертання, важливо визначити спектр частот їх коливань. Визначення найменших частот коливань дає можливість відстроювання від небажаних резонансних частот коливань при наявності сил збудження. Існують потужні сучасні комплекси динамічного та міцносного розрахунків. Але при моніторингу стану обладнання літаків, космічних апаратів, танкерів потрібна оперативна інформація щодо напружено-деформованого стану та спектральних характеристик. Таку інформацію можна отримати із застосуванням сучасних спеціалізованих обчислювальних комплексів, що орієнтовані на розрахунки конкретних елементів конструкцій. В цій роботі запропоновано методику розрахунку динамічних характеристик оболонок обертання, що мають розгалужений меридіан з урахуванням можливості встановлення різних перегородок. Ці оболонки можуть бути заповнені рідиною, мати різні умови закріплення.

Пропонується ефективний підхід до аналізу напружено-деформованого стану та частот і форм коливань оболонок обертання з довільним розгалуженим меридіаном. Метод заснований на використанні одновимірних скінченних елементів, тобто дискретизації піддається лише меридіан оболонки. Це суттєво зменшує обчислювальні витрати. Тому запропонований метод може використовуватись як для оперативної оцінки міцносних та динамічних характеристик оболонкової конструкції, так і в складі обчислювальних комплексів для аналізу міцності конструкцій під впливом різних факторів.

В результаті проведеного числового аналізу, на основі запропонованого методу та розробленого пакету програм, було встановлено, що найнижчі частоти вільних коливань досягаються для циліндричною оболонки, що закріплена шарнірно по одному краю. Якщо відома частота коливань сили збудження, то можна провести відстроювання від небезпечного режиму коливань за рахунок зміни умов закріплення або шляхом встановлення горизонтальної перегородки. У подальшому передбачається розвинути запропонований метод щодо аналізу вимушених та параметричних коливань.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУХЭЛЕМЕНТНОЙ ПРИЦЕПНОЙ СИСТЕМЫ С ЧАСТИЧНО АКТИВНЫМ ПРИВОДОМ

Симсон Э.А., Панов А.В.

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

Развитие современной сельскохозяйственной, в том числе прицепной, агротехники требует соблюдения при разработке конструкций и систем управления не только снижения материалоемкости и потребления топлива при почвообработке, но и точности позиционирования прицепных систем и максимального сохранения верхнего плодородного слоя. Последние требования, естественно, связаны с распространением точного и щадящего земледелия.

В то же время пассивные широкозахватные прицепные и навесные орудия под воздействием неравномерности сопротивления совершают неизбежные угловые колебания, что мешает реализовывать важные для точного земледелия прямолинейность рядков, а высокий уровень сопротивления тяге создает условия для буксования трактора и, как следствие, - разрушения верхнего плодородного слоя.

В связи с этим возникает целесообразность отбора части мощности трактора для реализации элементов умного активного привода на прицепном агрегате в виде двух разнесенных мотор-колес, корректирующих движение землеобрабатывающего орудия. При этом за счет перераспределения тяги между трактором и собственным приводом прицепного орудия уменьшается вероятность буксования, а за счет оптимального распределения мощности на мотор – колеса появляется возможность корректирующей стабилизации прямолинейности обработки.

В докладе на базе математической модели рассматриваются главные вопросы разработки таких систем: оптимизация распределения мощности между тягой трактора и активным приводом прицепного (навесного) агрегата; оптимизация системы управления дополнительным активным приводом агрегата как при различных режимах обработки, так и в режиме разворота; оптимизация элементов конструкции прицепного агрегата.

Несколько более сложной задачей является двухэлементная система, в которой трактор и прицепной агрегат соединены не напрямую, а через промежуточную тележку, как это реализовано, например в большинстве посевных агрегатов, где между трактором и сеялкой располагается тележка с зерновым бункером.

Практические исследования проведены для посевного агрегата «LozovaMachinery», производства индустриальной группы УПЭК.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОСТУ ТОВЩИНИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ НА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ, ОТРИМАНИХ МІКРОДУГОВИМ ОКСИДУВАННЯМ

Соболь О.В.¹, Реброва А.О.²

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,*

*²Харківська гімназія № 13 Харківської міської ради
Харківської області,
м. Харків*

Для успішного вирішення технічних завдань, зокрема, широкого впровадження прогресивних технологій, що забезпечують якість випущених машин, обладнання та приладів, підвищують їх технічний рівень, продуктивність і надійність необхідна розробка нових матеріалів з високими функціональними властивостями.

У різних галузях машинобудування для зниження зносу і збільшення довговічності вузлів тертя широко впроваджується поверхнєве зміцнення шляхом нанесення покриттів. На сьогоднішній день існує чимало способів нанесення покриттів, таких як плазмовий, газовий, вибуховий, електрохімічний, детонаційний, вакуумне напилення та інші. Разом з цим, принципово нову якість і високі функціональні властивості покриттів дає змогу отримати електрохімічний метод мікродугового оксидування (МДО).

З відкриттям МДО виникли широкі перспективи у вирішенні завдань захисту алюмінію та різних його сплавів для забезпечення їх високих експлуатаційних властивостей.

Метод мікродугового оксидування дозволяє отримувати принципово нову якість покриттів на алюмінії та його сплавах та забезпечує унікальне поєднання таких функціональних властивостей, як зносостійкість, твердість, жаростійкість, корозійна стійкість. Тому обраний напрям досліджень є вельми актуальним.

Показано, що МДО-покриття має двошарову будову з твердим внутрішнім шаром та пористим зовнішнім технологічним, який в подальшому видаляється. Найвища мікротвердість керамічного покриття на розглянутих сплавах Д16, АМг3 і АЛ9 спостерігається при робочій товщині покриття 40-60 мкм та складі електроліту: 2 г/л КОН і 12 г/л Na_2SiO_3 , при оксидуванні на протязі 1,5-2 годин зі щільністю струму $j = 20 \text{ А/дм}^2$.

Відповідно до законів Фарадея, при рівномірному нанесенні розрахункова товщина МДО-покриття (h) прямо пропорційна щільності струму, електрохімічному еквіваленту і тривалості електролізу, а також обернено пропорційна щільності матеріалу, що осідає в якості покриття. Отримані дані дозволили змодельовати за розрахованими електрохімічними еквівалентами складових компонентів покриття приріст товщини зразка, який, наприклад, для сплаву Д16 залежно від фазового складу знаходиться в межах від $0,219 \cdot h$ (для $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) до $0,563 \cdot h$ (для муліту $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).

ABOUT ONE CLASS OF LINEAR TRANSFORMATIONS OF NON-STATIONARY RANDOM SEQUENCES

Cheremskaya N.V.

National Technical University

«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The paper deals with the problem of linear transformations of non-stationary random sequences of certain classes.

Consider a random sequence $\xi(n, \omega)$ second order with $M\xi(n, \omega) = 0$. Let $K(n, m) = M\xi(n, \omega)\overline{\xi(m, \omega)}$ is correlation function. After embedding $\xi(n, \omega)$ in Hilbert space H_ξ get the sequence x_n at H_ξ , where $K(n, m) = \langle x_n, x_m \rangle_{H_\xi}$. Sufficiently wide classes of random sequences within the framework of the correlation theory can be obtained by considering linear transformations of sequences. x_n at H_ξ . The sequence $z_n = Bx_n$ is called the dilation of the r -th order of the sequence x_n , if B is linear bounded operator in H_ξ and $\dim(I - B^*B)H_\xi = r$. The function $W(n, m) = K(n+1, m) - K(n, m+1)$ of two discrete arguments will be called the correlation difference.

Theorem. In order to z_n be a first-order dilation of a stationary sequence x_n , it is necessary and sufficient that it is correlation difference be:

$$W_{zz}(n, m) = W_{xx}(n - m) + \sum_{\alpha, \beta=1}^2 \Phi_\alpha(n) J_{\alpha\beta} \overline{\Phi_\beta(m)},$$

where $W_{xx}(n - m) = 2i \int_{-\pi}^{\pi} \sin \lambda e^{i(n-m)\lambda} dF(\lambda)$, $F(\lambda)$ – non-decreasing function of

limited variation, $J_{\alpha\beta} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$, where $\Phi_\alpha(n)$ – linear functional from x_n and $\Phi_1(n+1) = \Phi_2(n)$.

Theorem. In order z_n to be a first-order dilation of a sequence $x_n = A^n x_0$, where A is a bounded dissipative operator with a discrete spectrum $\{\lambda_k\}$ and a one-dimensional non-Hermitian subspace, it is necessary and sufficient that it is correlation difference be: $W_{zz}(n, m) = i\varphi(n)\overline{\varphi(m)} + \sum_{\alpha, \beta=1}^2 \Phi_\alpha(n) J_{\alpha\beta} \overline{\Phi_\beta(m)}$,

where $\varphi(n) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k \Lambda_k(n)$; $\sum_{k=1}^{\infty} |C_k|^2 < \infty$; $\Lambda_k(n) = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \lambda^n \frac{\beta_k}{\lambda_k - \lambda} \prod_{j=1}^{k-1} \frac{\lambda_j - \lambda}{\lambda_j - \lambda} d\lambda$;

$(J_{\alpha\beta}) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$, and $\Phi_\alpha(n)$ – linear functional from z_n .

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОДЬБЫ АНДРОПОДОБНОГО РОБОТА РЕШЕНИЕМ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС

Ярошенко А.А., Андреев Ю.М.

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

В работе предложена реализация решения комплексной задачи проектирования процесса ходьбы андроподобных роботов путем расчета сначала по характеристикам ходьбы (длине и высоте шага, скорости ходьбы и др.) следовой дорожки, затем определения по модели обратного маятника [1] («тележечной модели») закона движения центра масс робота и, на основе этого, расчета необходимых для осуществления такой ходьбы законов изменения обобщенных координат модели – углов поворота звеньев в сочленениях робота.

Решение первой из указанных задач опирается на выделение в структуре ходьбы периодических составляющих и представления их повторения с помощью реализации в числах с плавающей точкой математической операции остатка от деления. При этом задается, собственно, не сама следовая дорожка, а траектория точки нулевого момента [2] (ZMP в англоязычной транскрипции).

Вторая задача решается с помощью представления частного решения дифференциальных уравнений рядом Фурье с удалением линейного тренда на временном участке, соответствующем небольшому числу шагов с начальной и конечной фазами, когда известны краевые условия координат центра масс робота. Удаление линейного тренда из правой части дифференциальных уравнений обратного маятника с последующим возвратом его в решение повышает точность представления частного решения рядом Фурье.

Третья из указанных задач представляет собой обратную задачу кинематики роботов, когда по заданному закону движения выходных звеньев – двух стоп и центра масс таза методом Ньютона определяются законы движения всех звеньев нижних конечностей робота. При этом начальное приближение для искомых законов движения звеньев известно, а для каждого последующего шага по времени используется достаточно близкое найденное решение для предыдущего момента времени. Использование метода Ньютона позволяет решать всю поставленную задачу в реальном времени.

В докладе демонстрируются результаты расчетов одной из походок андроподобного робота с 12 степенями свободы нижних конечностей.

Литература:

1. S.Kajita, F. Kanehiro, K. Kaneko et al., “Biped Walking Pattern Generation by using Preview Control of Zero-Moment Point,” Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.1620-1626, 2003.
2. Вукобратович М. Шагающие роботы и антропоморфные механизмы. / М. Вукобратович — М.: Мир, 1980. — 544 с.

СЕКЦІЯ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

НОВИЙ КЛАПАН РІЗНИЦІ ТИСКУ

Андренко П.М., Дмитрієнко О.В., Кулініч К.О., Ендеко В.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Гідроапаратура є складовою та невід'ємною частиною гідроагрегатів. Її характеристики і якість значною мірою визначають характеристики і якість гідроагрегату і машини в цілому. У доповіді розглядається розроблений нами клапан різниці тиску збудований за принципом вільних мембран. Особливістю даного клапана є те, що він дозволяє залежно від різниці тисків на вході та виході клапана які сумуються на запірно-регулюючому елементі утвореному рухомими дисками розміщеними в камерах керувати відкриттям/закриттям вхідних та вихідних каналів камер забезпечуючи протікання рідини від входу клапана на його вихід та навпаки.

Клапан, рис 1, містить кришку 7 в якій виконано вихідний канал 9 та дві камери 6 та 10, осі яких спрямовані вертикально та в кожній з яких виконано по одному вихідному каналу 8 та 12, вісі яких перпендикулярні осям камери 6 та 10, і які сполучені з ними. В 6 та 10 розміщено по одному диску 5 та 11, які мають форму камери і вільно переміщуються в ній у вертикальному напрямку. Корпус 1 з вхідним каналом 2 і вхідними каналами камер 3 і 14, вісі яких співпадають з осями камер 6 та 10 і які відповідно сполучені з ними. З боку камер 6 та 10 виконані розточки 4 і 13. Канал 8 камери 6 сполучений з вхідним каналом 14 камери 10 та вихідним каналом 9 у кришці 7, а вихідний канал 12 камери 10 сполучений з каналом 3 камери 6 та каналом 2 виконаним у корпусі 1. Зазор між лінійними розмірами камери і диском менше або дорівнює зазору між лінійними розмірами диску і розточки виконаної в корпусі 1.

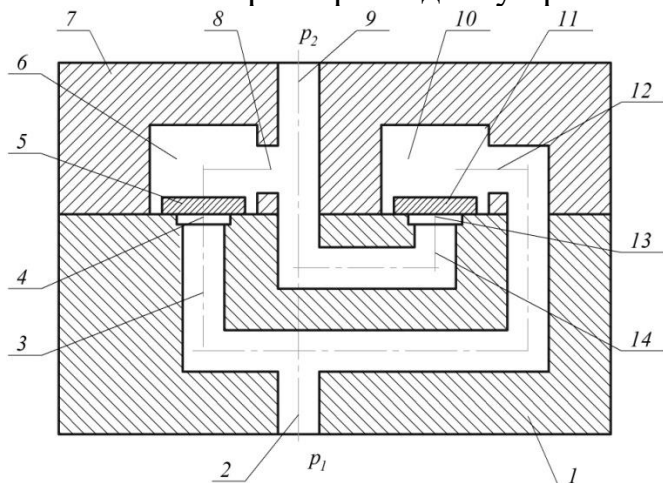


Рис. 1 – Схема клапана різниці тиску

У разі циліндричного виконання камер 6 і 10, розточок 4 і 13 у корпусі 1 та рухомих дисків 5 і 11, рівняння рівноваги на дисках має вид:

$$\frac{\pi D_p^2}{4} p_1 - \frac{\pi D_d^2}{4} p_2 - m_5 g = 0 ; (1)$$

$$\frac{\pi D_p^2}{4} p_2 - \frac{\pi D_d^2}{4} p_1 - m_{11} g = 0, (2)$$

де D_p і D_d – діаметри розточки та диску; m_5 і m_{11} – маси дисків 5 і 11; g – прискорення вільного падіння.

Поріг чутливості, в припущенні, що $D_p \approx D_d$, знаходять з (1), (2), $p_1 - p_2 = \frac{4m_{5(11)}g}{\pi}$. Клапан має просту конструкцію, велику швидкодію та чутливість.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ**Андренко П.М., Дмитрієнко О.В., Клітної В.В.*****Національний технічний університет******«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Застосування гідроприводів в технологічних та мобільних машинах дозволяє спростити їх кінематику, знизити металоємкість, підвищити точність, надійність і рівень автоматизації. Гідроприводи забезпечують широкий діапазон безступінчастого регулювання швидкості, можливість роботи в динамічних режимах з необхідною якістю перехідних процесів, захист систем від перевантаження і контроль діючих зусиль. Ефективним напрямком підвищення енергоефективності гідроприводів є їх оснащення насосно-акумуляторною гідростанцією. Це дозволяє усунути значні втрати потужності робочої рідини на виході із насоса та її нагрівання при зливі рідини через регульований запобіжний клапан в певні проміжки часу під час роботи виконавчих механізмів гідроприводу, що призводить до необхідності встановлення теплообмінного апарата чи збільшення об'єму бака.

У доповіді розглядається насосні установки гідроприводів з цикловим програмним управлінням технологічного обладнання різного призначення. Аналізується їх схемне рішення та конструктивне виконання. Особливу увагу приділено насосно-акумуляторному гідроприводу. Доведено, що оснащення його клапаном розвантаження UZOP...NHU компанії «Ponar Wadowice» дозволяє значно підвищити його енергоефективність. Особливістю даного клапана є те, що він має гістерезис який легко регулюється в діапазоні 17 % - 50 % від налаштування тиску спрацьовування клапана. Клапан використовується для розвантаження потоку від гідронасоса на злив в бак, якщо тиск в гідроакумуляторі досягнув встановленої максимальної величини. Це дозволяє запобігти нагріванню робочої рідини. Клапан може бути виконаним з електричним управлінням, табл. Для підвищення енергоефективності гідроприводів необхідно їх оснащувати насосно-акумуляторною станцією з розвантажувальним клапаном UZOP...NHU.

Таблиця – Технічні характеристики клапана розвантаження UZOP

Параметр	значення		
Діаметр умовного проходу, мм	10	20	30
Номінальна витрата, л/хв	120	250	400
Робочий тиск, МПа	35		
Тиск в лінії зливу, МПа	21		
Гістерезис	17 % до 50 %		
Напруга живлення соленоїда: - постійний струм, в - змінний струм, в - Гц	12, 24, 110 230 – 50, 110 – 50		
Споживана потужність, вт	30		
Маса, кг	3,8	7	13,2

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ВИРОБНИЦТВІ

Бородін Д.Ю.¹, Семенова-Куліш В.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

²Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

При розгортанні на підприємстві корпоративних інформаційних систем постачальники рішень проводять низку необхідних регламентованих організаційно-технічних заходів, спрямованих на досягнення прийнятного рівня надійності, описаного в зрозумілих для бізнесу показниках. Та й сам бізнес в разі будь-якого збою здатний досить швидко усвідомити некоректність управлінської інформації та вжити відповідних заходів.

Дві безперечних вимоги бізнесу до будь-якого підрозділу підприємства – це зниження витрат і забезпечення безперервності бізнесу. Серед виробничих вимог найбільш істотні – відмовостійкість і зниження залежності від людського фактору.

Таким чином, при плануванні заходів щодо забезпечення надійності виробничих автоматизованих систем перед постачальником стоїть низка суперечливих завдань:

- досягнення достатньої (і при цьому не завжди екстремально високої) продуктивності системи в цілому і використовуючих її співробітників зокрема;
- забезпечення високої працездатності і відмовостійкості;
- зниження залежності від людського фактору на всіх етапах розробки і освоєння виробів;
- мінімізація сукупної вартості володіння без зниження продуктивності і відмовостійкості, забезпечення повернення інвестицій в заздалегідь обумовлений термін.

Вочевидь, що однозначне одночасне рішення всіх чотирьох завдань отримати неможливо. Як правило, процес проектування інформаційних систем САПР є компромісним і проходить в декілька ітерацій шляхом вирішення завдань в порядку, викладеному раніше.

Таким чином, процес створення виробничої інформаційної системи – це тривалий процес, що складається з цілої низки етапів. Після вибору структури системи, яка, як правило, супроводжується моделюванням, монтується апаратний комплекс, що входить до складу системи. Відбувається поступове нарощування апаратних засобів аж до створення кластерних комплексів, що виконують задані функції архітектури САПР.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА ХАРКОВА

Волинський І.К., Приходько О.Ю., Басова Є.В.

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

На сьогодні перед інженером-технологом постає завдання не тільки проектування раціонального технологічного процесу, а й проблема диспетчеризації та управління наявними на виробничій ділянці ресурсами, обладнанням і робочим часом тому потрібно раціонально використовувати доступні ресурси й спроможність управління ними. Впровадження мереж Петрі допоможуть заощадити час, енергоресурси, організаційні витрати і це збільшить обсяг випуску продукції. Рішення управління теперішнім виробництвом сформувалися в 70-х роках, а відповідно планування і регулювання процесів виробництва вже застаріли. Однак, як показує наявний досвід в галузі управління виробничими системами, пошук методів і засобів побудови автоматизованих мереж Петрі для виробництва залишається актуальним і в даний час. Застосування мереж Петрі дозволить використовувати всі ресурси підприємства із максимальною ефективністю і виключити простої обладнання і нерівномірне навантаження персоналу.

Метою роботи є можливість створення адекватної математичної моделі на прикладі машинобудівного заводу Харкова «ФЭД», для ефективного контролю й оптимізації робочого часу. Це у перспективі може служити для збільшення швидкості і обсягу випуску машинобудівної продукції, тим самим підвищити конкурентоспроможність підприємства "ФЭД". Окрім того дозволить створити рекомендації щодо впровадження більш прогресивного обладнання якщо це буде доцільно.

Для створення математичної моделі функціонування виробничої ділянки (на базі мереж Петрі) в роботі були розглянуті наступні задачі:

1. Переміщення виробів і матеріалів по виробничій ділянці;
2. Зміна їх стану (обробка деталей, поступова збірка, вироби з окремих деталей, зміна заготовки в процесі виготовлення окремої деталі);
3. Змінна кількість задіяного обладнання (в результаті поломки верстатів, пристосувань);
4. Зміна фонду робочого часу, пов'язані з персоналом, який виконує роботу (зміна кількості працівників які працюють в даний момент часу або рівня їх кваліфікації та ін.);
5. Незаплановані простої у виробництві(поломки обладнання);
6. Розташування на планах цеху обладнання(верстатів, інструментів, вимірювальних приладів).

Чисельні експерименти довели, що вирішення поставленої задачі може дозволити підвищити обсяг продукції, раціонально використовувати обладнання, планувати розміщення обладнання, створювати програмні засоби на основі розроблених методів, розподіляти операції технологічного процесу по цехах і ділянках, визначати обсяг транспортних потоків і інших показників тощо.

О КИНЕМАТИКЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Гайдамака А.В., Наумов А.И.

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

Упрощённая аналитическая модель кинематики подшипников качения не позволяет до сих пор решить ряд вопросов по их работоспособности, поскольку невозможно на основе компьютерных моделей обоснованно определить нагрузки между деталями. Это тормозит разработку расчетов сепараторов на прочность и жёсткость, а также проведение работ по повышению износостойкости и ресурса подшипников. Не учёт в полной мере условий нагрузки деталей подшипников способствует завышению расчетных значений их ресурса, не позволяет адекватно определить межремонтный срок эксплуатации и провести корректировку норм затрат подшипников при плановых ремонтах.

В настоящей работе модели кинематики построены на примере однорядных радиальных подшипников качения, эксплуатируемых частотами вращения внутреннего кольца согласно данным каталога. Установлено, что кинематику идеального подшипника определяют контактные деформации колец и тел качения, а кинематика реального подшипника, кроме контактных деформаций, зависит от геометрии рабочих поверхностей, погрешностей монтажа, особенностей эксплуатации, конструкции подшипникового узла, зазоров и определяется преимущественно боковыми зазорами в окнах сепаратора.

Предложен механизм передачи движения от тел качения к сепаратору, который заключается в том, что боковой зазор в окнах сепаратора изменяется кратно количеству тел качения в зоне радиальной нагрузки подшипника по мере перемещения сепаратора с переменной скоростью. Этот механизм объясняет причину нагрузки сепаратора и подтверждает возможность его разрушения в эксплуатации от значительных сил взаимодействия деталей.

Разработанные модели кинематики подшипника будут использованы для пояснения причин проскальзывания тел качения, а также при разработке метода аналитического расчета сепаратора для выбора его конструкции, обеспечивающей максимальную грузоподъемность подшипника в пределах заданного габарита с необходимой надёжностью.

ПРО ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПІДШИПНИКІВ

Гайдамака А.В., Стрижак В.В., Стрижак М.Г.

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

Метод розрахунку довговічності динамічно навантажених підшипників закріплений в міжнародних і галузевих стандартах. Він базується на розрахунковому еквівалентному навантаженні підшипника та коефіцієнтах, що враховують умови його експлуатації і спеціальні властивості: конструктивні і технологічні. Недосконалість розрахунків за цим методом полягає в тому, що значення коефіцієнтів отримано емпіричним шляхом, за допомогою лабораторних і експлуатаційних випробувань. Ці випробування не завжди відображають реальну картину експлуатаційних навантажень, тому розрахунковий ресурс підшипників і фактичний можуть значно відрізнятись. Особливо це характерно для важконавантажених підшипників, які перебувають під дією комбінації радіального і осьового навантаження. Тому актуальність вирішення важливої науково-практичної проблеми розвитку існуючих і розробки нових методів розрахунку навантаженості та працездатності деталей підшипників кочення з урахуванням умов експлуатації, конструкції підшипника та підшипникового вузла не викликає сумніву.

Огляд літератури вказує, що основними напрямками вдосконалення методів розрахунку динамічно навантажених підшипників є уточнення моделей накопичення пошкоджень і ймовірнісних моделей визначення ресурсу, які враховують вплив додаткових навантажень від перекосу кілець на ресурс підшипника. Однак, у відомих роботах допускається ряд припущень як, наприклад, лінійний характер розподілу контактних напружень на доріжках кілець кочення, а питання кромкового контакту залишається вивченим недостатньо. Тому подальше удосконалення методу розрахунку потребує вирішення наступних завдань:

1. побудова моделей і аналітичне розв'язання задач про локальний контакт поверхонь деталей через наявність перекосу кілець;
2. розрахункове визначення коефіцієнта концентрації контактних напружень та деформації деталей в умовах перекосу;
3. аналітичне визначення контактної податливості підшипників з різними видами контакту за наявності перекосу;
4. чисельна та експериментальна перевірка аналітичних результатів досліджень.

ДЕФЕКТИ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Галаганов О.О.

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

В роботі розглянуті питання: загальні дефекти мостових кранів та заходи поліпшення роботи металевих конструкцій.

Для головних балок мостових кранів коробчастого перерізу з розташуванням рейки на верхньому поясі по осі балки більш характерними дефектами є тріщини у верхньому поясі головних балок.

Дефектами кінцевих балок з кутом нахилу перехідної частини, рівним 90° , є тріщини в місцях кріплення кутових букс.

У балках з кутом нахилу перехідної частини 135° тріщини з'являються у кутах переходу, де є стикові шви.

У балках постійного перерізу тріщини виникають у місцях приварювання накладок на бокових стінках й по нижньому поясу.

Після зварювання може спостерігатися руйнування металоконструкцій кінцевої балки у місці установки ходових коліс та буферів

Конструктивні методи підвищення довговічності елементів конструкцій в основному спрямовані на зниження концентрації напружень у розрахунковій зоні та зменшення розкиду діючих напружень.

Машини, які експлуатуються в умовах інтенсивних змінних навантажень, не рекомендується застосовувати фермові конструкції.

Найвища концентрація напружень, пов'язана з конфігурацією зварного вузла, виникає біля кінців поздовжніх зварних швів, які застосовують для приварювання стрижнів до косинок, поздовжніх ребер, накладок тощо.

Значно ефективніше використовувати несиметричні перерізи балок з більш потужним розтягнутим поясом. У такій балці розтягуючі напруження за абсолютним значенням будуть меншими, ніж стискаючі.

Ефективним методом зменшення розкиду діючих напружень є зниження динамічних навантажень шляхом вдосконалення приводів і систем керування.

Важливим фактором, що спричинив зменшення циклічної довговічності, виявилось застосування у зварних конструкціях форми деталей і їх сполучень, які використовувались у клепаних виробках без урахування закономірностей передачі силового потоку через зварні шви.

Появу пошкоджень спричиняють поперечні горизонтальні реакції в контактах «колесо – рейка», вторинні напруження і двочастотність (полічастотність) змінних навантажень.

Найбільш прогресивні кранобудівельні фірми вирішили ці завдання за рахунок відмови від застосування зварювання, впровадивши для з'єднання головних і кінцевих балок різноманітні конструкції на високоміцних болтах.

Застосування високоміцних болтів у місцях з'єднання головних і кінцевих балок спричинило збільшення товщини стінок кінцевих балок, що додатково збільшило утомну міцність їх буксових вузлів.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ВИРОБІВ У РОБОЧОМУ ПРОСТОРІ ПРИ ЇХ ПОШАРОВІЙ ПОБУДОВІ

Гаращенко Я.М.

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

Ефективність використання адитивних технологій (АТ) найбільш суттєво визначається на останньому етапі технологічної підготовки при виконанні оптимізаційної задачі по визначенню раціонального розташування 3D-моделей виробів та завданні параметрів пошарової побудови.

З метою порівняння ефективності виконання задачі розташування 3D-моделей виробів у робочому просторі розглянуто різні підходи щодо її вирішення. Оптимізаційна задача виконувалася шляхом ручного розташування 3D-моделей, методом Монте-Карло та з використанням генетичного алгоритму. У ході виконання задачі визначалися наступні параметри для кожної 3D-моделі виробу: координати переміщення за осями X , Y , Z ; кути повороту навколо осей X , Y , Z ; координат площин розсічення на частини (при використанні структурної зворотної декомпозиції виробу). На відміну від традиційного підходу, за яким послідовно в окремих задачах визначають перераховані параметри, пропонується спільне їх виявлення завдяки використанню загальних критеріїв оптимізації. Такий підхід дозволяє визначити додаткові області значень параметрів за рахунок виявлення їх можливих комбінацій.

У якості критерію оптимізації приймали характеристику із наступного ряду:

- висота пошарової побудови виробів (для стратегії з постійним кроком, впливає на час побудови);
- кількість шарів побудови (для стратегії зі змінним кроком, впливає на час побудови);
- відносний об'єм використовуваного (зайнятого виробами) робочого простору (впливає на ефективність використання вибраних методу виготовлення та установки);
- відносна кількість підпросторів робочого простору, що не мають матеріалу виробів (дозволяє обґрунтувати необхідність та оцінити ефективність структурної зворотної декомпозиції виробів).

Найбільш перспективним представляється використання генетичних алгоритмів тому, що дозволяють визначити не локальні оптимальні значення параметрів, а глобальні найбільш прийнятні значення для заданого критерію оптимізації.

Додатково розглядалися можливості щодо розробки автоматичної процедури, що дозволяє покращити розташування 3D-моделей шляхом покрокового переміщення їх у робочому просторі по координаті Z .

Дослідження можливостей по раціональному розміщенню 3D-моделей виробів виконувалося в системі "Технологічна підготовка матеріалізації складних виробів адитивними технологіями", розроблений на кафедрі "Інтегровані технології машинобудування" НТУ "ХПІ".

ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИЗ НАНОПОРОШКОВ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРЕССОВАНИЕМ С ПРЯМЫМ ТОКОПОДВОДОМ

Геворкян Э.С.¹, Гуцаленко Ю.Г.², Руцки М.³

¹*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,*

²*Национальный технический университет*

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

³*Технологический и гуманитарный университет им. Казимира Пулавского, г. Радом*

Современный опыт конъюнктурного анализа и стратегического планирования развития ведущей экономики мира [1] свидетельствует о целенаправленной геомасштабной международной интеграции в сосредоточении информации об авангардных научных исследованиях и управлении этим процессом с целью выявления, изучения и использования наиболее значимого передового зарубежного опыта инновационных разработок для планирования и достижения конкурентных экономических преимуществ. Наноматериалы и нанотехнологии являются приоритетным сегментом современного, шестого технологического уклада в развитии цивилизации.

Получение наноструктурных материалов из нанопорошков всегда является сложной задачей в связи с тем, что в процессе консолидации порошков происходит рост зерен. Метод SPS (Spark Plasma Sintering) позволяет получить наноструктурные материалы из таких тугоплавких материалов как WC, SiC, B₄C и др. Характерным для демонстрации возможностей SPS является изученный нами процесс консолидации нанопорошков Al₂O₃ [2, 3]. Особенность данного метода заключается в использовании электрического тока в процессе горячего прессования, обычно подачей кратковременными импульсами. Благодаря электрическому току за счет большой скорости нагрева удастся избежать быстрого роста нанозерен. Как правило, процесс быстрого нагрева пресс-формы реализуется высоким значением токов (5000-10000 А), проходящих через пресс-форму. Процесс SPS начинается с прессования порошкового материала под давлением, в дальнейшем дополняемым подачей электрических импульсов большой мощности. В участках образования контактных перешейков между частицами спекаемого материала концентрируется энергия высокой плотности, которая инициирует спекание. Метод обеспечивает пространственную точность прессовки и высокую однородность получаемого материала.

Литература:

1. Science and Engineering Indicators 2018: NSB-2018-1, Biennial Report under NSB and NSF by the Primary Responsibility of NCSES. National Science Foundation, Alexandria, Virginia, USA, 2018. 1060 p. URL: <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/assets/nsb20181.pdf>.
2. Kislyi, P.S., E.S. Gevorkyan, V.A. Shkuropatenko, and Yu.G. Gutsalenko. Preparation of materials from aluminum oxide nanopowders using modern methods of consolidation. Journal of Superhard Materials, Vol. 32 (2010), Iss. 6, pp. 383-388.
3. Gevorkyan, E., S. Lavrynenko, and M. Rucki. Structure formation of hot pressed Al₂O₃ powders under the alternating electric current: experimental observations. Advanced Materials Letters, Vol. 8 (2017), Iss. 10, pp. 945-949.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ SCADA-СИСТЕМ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРКОВА

Горячев А.В., Набока О.В., Басова Є.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У сучасному виробництві значна частка великих європейських компаній забезпечує стабільний та якісний процес обробки своїх виробів за рахунок використання систем SCADA. Термін SCADA зазвичай відноситься до централізованих систем контролю і управління всією системою, або комплексами систем, здійснюваними за участю людини. У час технологічного росту та переоснащення конкурентоспроможного виробництва SCADA-системи використовуються у всіх галузях господарства, де потрібно забезпечувати автоматичне керування технологічними процесами в режимі реального часу.

Метою роботи стало виявлення можливостей та перспектив інтеграції системи SCADA в машинобудівну галузь м. Харків.

Із аналізу задач та умов виробництва різних машинобудівних заводів Харкова нами виділено перелік підприємств, що є перспективними з точки зору впровадження відповідних технологій для підвищення якості та, одночасного, спрощення виготовлення продукції.

Таким чином встановлені перспективні можливості впровадження систем SCADA на наступних підприємствах: завод імені Малишева (найчастіше SCADA-системи використовуються у військовій промисловості, через високі вимоги до точності, якості продукції та високу її вартість), харківський машинобудівний завод «ФЕД» (підтримує постійну необхідність у поточному контролі за виготовленням високоточної гідрорегулюючої апаратура для аерокосмічної промисловості), «Турбоатом» (підприємство постійно розвивається і інтегрує нові технології в процес виробництва), «Ектротязмаш» (є єдиним в Україні постачальником комплектного електрооснащення для залізничного та міського електротранспорту).

Також нами проведений аналіз SCADA-систем, що можуть бути застосованими на перерахованих підприємствах, визначені їх переваги та недоліки у кожному конкретному випадку. На сьогоднішній день одними з найбільш поширених SCADA-систем вважаються продукти виробництва Invensys Wonderware, Iconics, Siemens, Indusoft, AdAstra, Emerson, Rockwell Automation.

Зроблено висновок, що підвищення точності за рахунок контролю режимів обробки і моніторингу факторів, що викликають похибки, а також зручність використання інтерфейсу роблять інтеграцію SCADA-систем у виробництво ефективним інноваційним ходом. При цьому оперування SCADA не вимагає високого рівня кваліфікації персоналу, що полегшує процес впровадження цих систем. Багато великих підприємств Харкова можуть реалізувати цю технологію з метою підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, що експортується.

ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕДІЛІВ – ОСНОВА ПОБУДОВИ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Грабченко А.І., Шелковий О.М.

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

В роботі розглянуті питання підвищення ефективності дрібносерійного машинобудівного виробництва за рахунок більш тісних зв'язків між різними технологічними переділами.

Ця проблема знаходиться в площині пошуку балансу між трудомісткістю виробничого процесу, з однієї сторони, і його продуктивністю та якістю, з іншої.

В залежності від того, які фактори виробництва (продуктивність, собівартість, або якість) є головними при проектуванні технологічного процесу, може коливатись рівень інтеграції між заготівельним, механообробним та складальним переділами.

Сучасні підходи до формування технологічних (а в більш ширшому розумінні) і виробничих процесі базуються на тому, що інтеграція різних, по своєму спрямування, процесів залежить від технологічної необхідності формування заданих властивостей виробів: заготівельне виробництво завжди формує попередні властивості деталей (форму, фізико-механічні властивості та інші); механічна обробка формує остаточний вигляд деталей перед складанням, а в деяких випадках, застосовується при складанні для підвищення точності положення деталей у виробі; складання є остаточним технологічним переділом, і по тому, як йде цей виробничий процес, судять про якість виконання робіт на попередніх переділах. При цьому кожний, з вище наведених переділів, як правило, функціонує окремо і незалежно, а єдиною інформацією, що їх зв'язує, є технічна й організаційно-технологічна документація що до виробу на вході і виході відповідної технологічної підсистеми.

Вади такого підходу очевидні: помилки виробництва, що з'являються при формуванні виробу, навіть в умовах, коли всі деталі виготовлені за вимогами технологічних процесів, можуть датись ознаки на етапі зборки, і тоді доводиться виконувати підгонку деталей у виробі або селективний підбір деталей. Це подовжує виробничий процес його виготовлення, а інколи знижує функціональні характеристики виробу.

Нами пропонується підхід до формування виробничого процесу, який базується на інтеграції різних технологічних процесів у вигляді єдиної 3D – моделі виробничої системи. Ця система відслідковує зміни стану виробу на всьому протязі його формування і моделює стан виробу з урахуванням цих змін.

Такий підхід дозволяє заздалегідь попередити виробника про можливі похибки складання виробу з тих деталей, що вже вироблені і завчасно скорегувати виробничий процес інших деталей.

Для його реалізації на ключових операціях і переходах потрібно мати розгалужену сітку контрольно-вимірювальних приладів з єдиною системою управління, що добре вписується в концепцію виробництва четвертого покоління.

BIG DATA IN LOGISTICS

Grigorov O., Anischenko G., Petrenko N., Parkhomenko O.
National Technical University „Kharkiv Polytechnic Institute“,
Kharkiv

Big Data is a group of methods, tools and approaches of analysis of structured and unstructured data of very high volume for getting results, which can be understood by people. In the same time, Big Data is more volumetric, complicated information sets for management which it is not enough traditional software.

In most cases Big Data is used in such areas as customer behavior, marketing, market analysis, stock exchange, clinical research, modeling or simulating, intelligence department, operational excellence.

Big Data in Logistics is applied in:

- Marketing – analysis of information about clients for proposition of new products and services;
- Predicted logistics – using information of customer behavior for short-term forecasting of demand and relevant separation of production;
- Operational panning – short-term and medium-term optimization of resources and skilled workers;
- Strategy planning – long-term planning of the logistics network's development;
- Routing – optimization of routing in real-time mode on the ground of current road conditions and accessible delivery terminals;
- Crowdsourcing – using of the “chance” passing resources for delivery organization;
- Risk management – analysis and forecasting of events, that influence on stability of logistics systems and processes.

During work with Big Data people apply manipulation of knowledge methods: different methods of theory of recognition and classification, methods of intelligence analysis and integration of information, intelligent approaches in the form of genetic algorithms, neural networks and another branches of machine intelligence.

AUGMENTED REALITY IN LOGISTICS

***Grigorov O., Anischenko G., Petrenko N., Alieksieiev V.
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv***

Augmented reality is using technology to superimpose (lay on) information on the world we see. With Augmented Reality it is possible not only to visualize cyber information on top of physical imagery but also manipulate such information through interactions with real world objects.

Augmented reality is definitely ready to improve manufacturing, logistics, and skilled trades in a very dramatically way. Augmented Reality can superimpose holographic images and instructions onto the real world, which is very important for educating workers on how to use large machinery or specialized devices.

Then talking about usage of Augmented Reality in logistic the first thing that comes to mind is warehousing, where a lot of gadgets are used, such as Google Glass. Warehousing is one of the costliest spheres of logistics, which is sometimes accounted up to 20%. Speaking about warehousing in the details one can see that the most time-consuming and pricy operation is picking of the items from shelves. So, for now, in warehousing the most developing and profitable sphere is gadgets for picking. There are a lot of methods for picking the items, such as pick by voice, pick by light, pick by paper and pick by vision.

In addition to this, Augmented Reality can also be used in freight loading. Due to different size, weight and destination of every item, loading can be the most time consuming part of the logistic process. Scanning a parcel with an Augmented Reality-based device will provide the loaders with all the necessary information about destination and instructions on where to put the parcel. Besides unlike paper-based lists Augmented Reality-based cargo list will offer the possibility to make any number of last minute changes.

ЗАСТОСУВАННЯ ОКРЕМИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ МАЙБУТНЬОГО В ЛОГІСТИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ

Григоров О.В., Аніщенко Г.О., Турчин О.В., Пархоменко О.В.

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

В логістичних комплексах все більше застосування знаходять технічні засоби у поєднанні з ІТ технологіями.

В наш час людство знаходиться в стані завершення четвертої промислової революції, коли відбувається масове впровадження кіберфізичних систем в виробництво (Індустрія 4.0), що обслуговує людські потреби, включаючи побут, працю та дозвілля. Виникаюча у наслідок цього економіка наступного покоління умовно може розвиватися в напрямках 10 основних технологій (рис. 1).



Рисунок 1 – Індустрія 4.0

Широке розповсюдження набуває технологія «Великі масиви даних» – Big Data. Наприклад, в авіаційних, автомобільних, залізничних, водних перевезеннях; і навіть при виборах Президента країни. Значне поширення має технологія віртуальної реальності в роботі складів. Інтернет речей сприяє швидкому та якісному обслуговуванню замовників.

Надамо пояснення деяким напрямкам, зазначеним на рис.1: блочна ланка – безперервна мережа послідовних ланцюжків блоків, що містять інформацію; великі масиви даних (Big Data) – набори даних, які настільки великі та складні, що традиційне прикладне програмне забезпечення для обробки даних не підходить для вирішення проблем їх збору, зберігання, аналізу та ін.; доповнена реальність – результат введення в поле сприйняття будь-яких сенсорних даних з метою доповнення відомостей про оточення та покращення сприйняття інформації; віртуальна реальність – створення за допомогою технічних засобів всесвіту, що передається людині через його відчуття; «Інтернет речей» (IoT), – концепція обчислювальної мережі фізичних предметів, що оснащені вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або з зовнішнім середовищем. Ця концепція розглядає організацію таких мереж як явище, здатне перебудувати економічні та суспільні процеси, що виключає з частини дій та операцій необхідність участі людини.

Окремі напрямки нами викладені в навчальному посібнику [1].

Література:

1. Григоров О.В. Інформаційно-керуючі системи та планування в логістиці матеріальних потоків : навч. посібник / О.В. Григоров, Г.О. Аніщенко, В.В. Стрижак та ін.; за ред. Григорова О.В. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 448 с.

ВІРТУАЛЬНА (VR) ТА ДОПОВНЕНА (AR) РЕАЛЬНІСТЬ В ІНЖЕНЕРІЇ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Григоров О.В., Аніщенко Г.О., Турчин О.В., Пономарьов О.Е.

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

Розвиток технологій відображення цифрової інформації створює можливості конструювання віртуальних об'єктів. Віртуальним об'єктам через їх виключно цифрову природу, може бути вільно додана будь-яка властивість, записана цифровим же чином. Доповнена реальність передбачає можливість додавати фізичним об'єктам віртуальні властивості, наприклад, відображення інформації про них, яка, до того ж, може бути індивідуалізована під конкретного суб'єкта сприйняття.

На протязі багатьох років викладачі і студенти кафедри ПТМіО НТУ «ХПІ» контактують з Магдебурзьким університетом, кафедрою IFSL (в минулому), кафедрою ILM (зараз) та мають можливість неодноразово відвідувати Fraunhofer Institut «Fabric Antrieb und Automatisierung» (керівник Prof. Dr. Ing. habil Dr.h.c. Майкл Шенк), де приймають участь в демонстрації ефектів віртуальної реальності з назвою демонстрації «Візуалізація зображень», наприклад. При цьому всі учасники демонстрації оснащуються відповідними окулярами з 3D зображеннями і приймають «реальну» участь в складанні сучасної машини для вироблення паперу. Це дійсно дуже вражає і запам'ятовується.

Другий приклад – застосування віртуальної реальності у цьому Fraunhofer Institut є участь відвідувачів у віртуальному виборі місця розташування конкретного об'єкта для розміщення його серед будинків, які вже існують. Причому, все це показують з висоти «пташиного польоту» і точки зйомки різко змінюються. Вплив настільки великий, що людина може втратити свідомість і впасти, якщо не розташована в кріслі.

Для функціонування складів, покращена видача може стати результатом AR-технології, наприклад, завдяки використанню нашоломних дисплеїв. Цифрова навігація прокладає правильний маршрут до посилки та економить час, заодно зменшуючи можливість помилки і час на навчання.

Ще одна перевага AR-технології – в плануванні на складі. Можна створювати симуляції реального функціонування складу і змінювати планування, визначаючи необхідні модифікації і накладати їх на реальне оточення. Це зменшить витрати на планування і переформатування складу.

ПРОБЛЕМА БОКОВЫХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КОЛЕСА МОСТОВЫХ КРАНОВ

Григорьев О.В., Турчин О.В., Анищенко Г.О., Радченко В.С.

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

Мостовые краны подвержены негативному действию боковых нагрузок, возникающих в зоне контакта ободов и реборд колес с рельсами. Повреждения металлоконструкции, связанные с этими нагрузками, чаще всего локализованы в околобуксовой области и на участках соединений главных и концевых балок. Повреждения имеют усталостный характер, что позволяет судить о сложном, многократно повторяющемся воздействии.

Несмотря на значительное число проведенных исследований, полная ясность в понимании происходящих процессов отсутствует. Это в значительной степени связано с недостаточностью имеющихся экспериментальных данных, относящихся к поперечным силам сцепления и соответствующих смещениях колес. Такие данные получены в достаточном объеме в железнодорожной отрасли – экспериментально и теоретически. Однако условия работы крановых колес имеют принципиальные отличия. Наиболее важное из них – существенно более высокий уровень вертикальных нагрузок на колеса.

Имеющиеся немногочисленные данные экспериментов с крановыми колесами получены со значительным разбросом, что объясняется объективной сложностью измерений малых боковых перемещений колес при действии значительных нагрузок. Соответствующие стенды в железнодорожной отрасли отличаются сложностью и дороговизной, однако при исследованиях процессов с параметрами, характерными для крановых колес, требуется еще более сложное и дорогое оборудование.

В ходе проведенных экспериментов установлена значительная чувствительность сил сцепления к величине контактного давления на соприкасающихся поверхностях колес и рельсов, а также к состоянию поверхности рельсов для крановых условий. Как следствие, для выполнения корректного анализа требуется усложнение математической модели крана в движении и привлечение методов статистической обработки полученных результатов – как теоретических, так и экспериментальных.

Указанные проблемы сдерживают объективное обоснование рациональной точности выравнивания колес и рельсового пути. С учетом того, что стоимость соответствующих работ непропорционально увеличивается с увеличением точности, распространенной практикой является обеспечение среднего, но гарантированного уровня точности при обработке базовых поверхностей (отверстия под установку подшипников колес, а также плоскостей фланцевых соединений концевых и главных балок), с применением контрольного лазерного визирования. Аналогично, повышенное внимание уделяется рихтовке рельсового пути. При этом контроль прямолинейности также осуществляется с применением лазерного оборудования.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ В РЕГУЛЬОВАНИХ ПРИВОДАХ

Григоров О.В., Стрижак В.В., Стрижак М.Г.

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

Сучасні економічні регульовані приводи, такі як гідропривід і частотно-регульований привід, мають широкі можливості реалізації будь-яких законів керування. Розповсюдження в цих приводах отримали розгін і гальмування за U-подібним (параболічним) та S-подібним законами зміни швидкості. При U-подібному законі керування впродовж пуску і гальмування прискорення змінюється прямолінійно, спадаючи від максимального значення до мінімального, а графік швидкості представляє собою квадратичну параболу. З теорії варіаційного числення відомо, що такий закон зміни швидкості забезпечує мінімальний середньоквадратичний момент двигуна при заданих величинах пройденого шляху і тривалості перехідного процесу, за який пройдено цей шлях. Або може забезпечуватись максимальний пройдений шлях при заданих середньоквадратичному моменті і тривалості переміщення. Для покращення картини динамічних навантажень, на початку розгону і в кінці гальмування темп зміни швидкості може уповільнюватись і закон руху перетворюється на S-подібний.

Однак на практиці, при вирішенні задачі раціонального вибору приводу, можливість реалізації таких режимів руху майже не враховується. Вважається, що регульований привід змінює швидкість лінійно, завдяки чому можна легко співставити витрати енергії за однакові робочі цикли в регульованому приводі і більш дешевому, традиційному для кранових механізмів, асинхронному приводі на основі двигуна з фазним ротором. При цьому регульований привід залишається суттєво недооцінений, а його можливості не використані в повній мірі. Таким чином, мають актуальність дослідження, направлені на оцінку зменшення витрат енергії при застосуванні U-подібного та S-подібного керування.

Представляється перспективним проводити цю оцінку за допомогою методу еквівалентної потужності. Даний метод дозволяє врахувати режим роботи кранового механізму і обґрунтувати зменшення витрат енергії і встановленої потужності двигуна, що істотно позначається на капітальних витратах і дає додаткові переваги за окупністю приводу.

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОЛЬЦЕВОГО ЗАТВОРА НА УРОВЕНЬ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ВЫСОКОНАПОРНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Гришин А.М., Тринитко А.А.

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

Исследование модели гидротурбины со встроенным кольцевым затвором проводились с целью определения возможности его использования для аварийных и оперативных целей. Исследования проводились на режиме, соответствующем расчетному напору во всем диапазоне открытий н.а. и на разгонных режимах. Датчики давления устанавливались на верхнем и нижнем кольцах направляющего аппарата, один из них перед затвором, остальные за затвором. Анализ результатов исследования влияния положения кольцевого затвора позволил сделать вывод, что при закрытии затвора пульсации давления увеличиваются, достигая максимальных значений в диапазоне от 25 % до 2 %. Дальнейшее закрытие затвора приводит к уменьшению пульсаций давления. Минимальные уровни пульсаций зафиксированы на начальном участке конфузорного канала, образованного сверху поверхностью оголовка затвора, а снизу – нижним кольцом н.а. Максимальные уровни пульсаций зарегистрированы в местах установки датчиков на нижнем кольце н.а., так как нестационарный поток, формируемый почти закрытым кольцевым затвором, проходит ближе к нижнему кольцу и, потому, сильнее на него воздействует. Однако при больших открытиях кольцевого затвора поток, обтекающий кольцевой затвор, сильнее воздействует на верхнее кольцо н.а. Малое количество датчиков не позволило сделать вывод о распределении уровня пульсаций давления по периметру затвора, но в целом необходимо отметить, что уровень пульсаций давления, фиксируемый датчиками, расположенными на расстоянии около 2/3 длины спиральной камеры, выше, чем уровень пульсаций на датчиках, расположенных недалеко от входа в спиральную камеру. Характер изменения уровня пульсаций на различных датчиках одинаков, что позволяет сделать вывод о влиянии пульсаций давления в зоне кольцевого затвора на пульсации давления под рабочим колесом. Увеличение пульсаций давления при закрытии затвора сопровождается некоторым возрастанием доли высокочастотных составляющих процесса. На разгонных режимах закрытие затвора от 100 % до 25 % не приводит к значительному изменению уровня пульсаций давления, лишь дальнейшее закрытие затвора вызывает уменьшение уровня пульсаций. Несмотря на то, что при полностью открытом затворе уровень пульсаций давления на разгонных режимах выше, чем на энергетических, при малых открытиях затвора уровень пульсаций на разгонных режимах ниже. Подобная закономерность характерна для всех (кроме самых малых) открытий н.а. На разгонных режимах, даже при открытиях н.а., соответствующих максимальной мощности гидротурбины, опускание затвора в движущийся поток не вызывает увеличения уровня пульсаций давления в проточной части до опасных значений.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ БАГАТОШАРОВИХ SANDWICH- МАТЕРІАЛІВ

Демченко В.Р., Басова Є.В., Добротворський С.С.

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

На сьогоднішній день найважливішим показником виробів машинобудівної промисловості є їх якість, що і встановлює конкурентоспроможність продукції на світовому ринку. Із аналізу сучасних технологій металообробки встановлено, що найбільш перспективним методом досягнення оптимальної якості поверхні при механічній обробці складних поверхонь є високошвидкісне фрезерування. Що підтверджує великий інтерес до технології закордонними передовими машинобудівними компаніями та активне її вивчення вітчизняними вченими. Основною перевагою високошвидкісного фрезерування є те, що під час обробки може бути знято велику кількість матеріалу за короткий проміжок часу при невеликих розмірах різального інструменту за рахунок високої швидкості обертання шпинделя. В результаті цього в зоні різання виникають відносно низькі сили, які дозволяють фрезерувати тонкостінні, багатошарові та інші складні для обробки різанням деталі. Особливий інтерес для вивчення на сьогодні представляють саме багатошарові конструкції, які все частіше використовують у космічних кораблях, літаках, автомобільних деталях, маніпуляторах і навіть верстатах. Це обумовлено тим, що вироби із багатошарових матеріалів (sandwich-type material) відрізняються з однієї сторони підвищеною жорсткістю конструкції та покращеними характеристиками демпфування, а з іншої – значним зменшенням маси самого виробу. Науково доведено, що вироби із багатошарових матеріалів мають більший строк роботи, що прямопропорційно залежить від рівня вібрацій, які виникають під час роботи механізму.

З аналізу робіт зарубіжних дослідників було визначено, що при багатолезвійній обробці багатошарових пакетів виникає ряд проблем, а саме пошкодження поверхні за рахунок перегрівання, розшарування пакету в процесі деформаційної та теплової дії процесу руйнування. Таким чином проблема вивчення технології високошвидкісної обробки багатошарових пакетів для забезпечення якості деталей машинобудівної та авіабудівної промисловості є актуальною.

Метою роботи є дослідження особливостей обробки багатошарових матеріалів із визначенням крайових умов існування оптимальних технологічних режимів високошвидкісного фрезерування.

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити математичну модель із урахуванням слоїв матеріалу для моделювання процесу механічної обробки методом скінчених елементів. Для розуміння впливу параметрів різання на поведінку слоїв матеріалу необхідно проаналізувати взаємодію геометрії ріжучого інструменту та матеріалу. Результати чисельних експериментів методом скінчених елементів дозволять оцінити силу різання та формування якості поверхні відповідно до математичної моделі пакету.

НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАСОСІВ ЦНС В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПЛАСТОВОГО ТИСКУ

Дмитрієнко О.В., Гуртовой П.А.

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

Інтенсифікація видобутку нафти є однією з актуальних проблем нафтової промисловості, від рівня вирішення якої в конкретних умовах визначається можливість підтримання високих темпів відбору нафти з метою задоволення потреби народного господарства, найбільш повного вилучення нафти з надр, скорочення термінів розробки нафтових родовищ при мінімальних витратах на видобуток нафти.

Проблема інтенсифікації виникає практично з моменту розкриття пласта в процесі буріння свердловини. Вона може бути, вирішена із застосуванням якісних бурових розчинів, відповідної техніки і технологічних прийомів кріплення свердловин, що забезпечують надійне роз'єднання продуктивних пластів і виключають можливість їх кольматації.

В даний час в нафтовидобутку існує безліч способів впливу на пласт з метою відновлення продуктивності, одним із способів є закачування води в свердловину, який був розглянутий в даній роботі.

Для закачування води рекомендується застосовувати блокові кушові насосні станції обладнані насосами типу ВНС-180 з номінальною продуктивністю 180 м³/год. Напір насосів – до 1900 м вод. ст., або насосні установки на базі ступенів ЕВН.

Незважаючи на наявність в системі підтримки пластового тиску підготовки та очищення води часто не дотримуються вимоги, що пред'являються до якості перекачується за змістом твердих включень і хімічним складом. Практично 90% насосів працюють без прийомних фільтрів і інших пристосувань для очищення перекачується на вході. Ці фактори призводять до зносу проточної частини насосів і швидкого виходу з ладу найбільш вразливих елементів: торцевих ущільнень, вузла розвантаження осьової сили (гідропр'яти), а також зносу переднього і заднього ущільнень робочого колеса, що різко знижує як робочі параметри насоса, так і призводить до аварійним відмовам.

Частково вирішити ці проблеми може комплектація насосів пристроями очищення рідини – гідроциклонами, з метою забезпечення постійного припливу очищеної рідини в торцеві ущільнення і вузол гідропр'яти. Для зменшення зносу щілинних ущільнень робочого колеса на поверхні ущільнювачів наносяться зносо- і корозійностійкі наплавлення. Також наплавляються поверхні корпусних деталей в місцях найбільш вірогідного ерозійно-корозійного зносу.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ CAD- СИСТЕМАХ

Доброскок В.Л., Бирюков А.С.

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

Высокие требования к техническим характеристикам промышленных изделий, получаемых технологиями Rapid Prototyping, определяют необходимость использования качественных исходных триангуляционных моделей. Качество триангуляционных моделей зависит как от количества системообразующих треугольников, так и от их геометрических свойств.

В настоящее время отсутствует научно обоснованная методология создания триангуляционных моделей в современных CAD-системах, а также недостаточно полно изучены возможности CAD-систем при переходе к триангуляционным моделям.

Для повышения эффективности технологической подготовки производства изделий аддитивными технологиями, необходимо детально рассмотреть и проанализировать особенности создания триангуляционных моделей в современных CAD-системах.

В связи с этим целью исследований являлось изучение технологических особенностей создания триангуляционных моделей в современных CAD-системах.

При проведении исследования были сформулированы и решены следующие задачи:

- разработаны методики исследования технологических особенностей создания в CAD-системах триангуляционных моделей с использованием специального прикладного пакета для комплексного морфологического анализа;

- выявлены и систематизированы параметры триангуляции CAD-моделей для различных пакетов твердотельного моделирования;

- выполнена оценка качества триангуляции по основным критериям оптимальности.

В результате проведенного исследования были разработаны научно обоснованные рекомендации по созданию триангуляционных моделей в современных CAD-системах: *Autodesk Inventor, PowerSHAPE, ProENGINEER, Rhinoceros, SolidWorks, T-FLEX Parametric CAD, КОМПАС 3D*.

Литература:

1. Доброскок В.Л. Критерии качества триангуляции 3D моделей промышленных изделий / В.Л. Доброскок, Л.Н. Абдурайимов, С.И. Чернышов // Сучасні технології в машинобудуванні [Текст]: зб. наук. праць. – Харків, НТУ «ХПІ», 2011. – Вип. 6. – С. 245–254.

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ СПЕКАНИИ

Доброскок В.Л., Погарский А.В.

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

Состояние исходного порошкового материала существенно влияет на качество изделий, изготавливаемых методом селективного лазерного спекания (SLS). Для оценки состояния порошкового материала разработана комплексная методика, включающая три этапа: статистический анализ распределения размеров частиц, определение формы частиц порошкового материала и оценку состояния по цветовой шкале.

Анализ размеров частиц порошкового материала проводился с использованием установки Mastersizer 2000. Статистический анализ полученных данных показал, что размеры частиц порошка подчиняются логарифмически-нормальному закону распределения. Для повышения представительности и определения статистических характеристик размеров частиц порошкового материала использовался модифицированный логарифмически-нормальный закон распределения. Результаты статистического анализа позволили повысить адекватность модели формирования результирующей погрешности формообразования изделий.

Определение формы частиц порошкового материала позволяет визуально проследить тенденцию к увеличению числа и размеров конгломератов с каждой последующей загрузкой порошка. В такие конгломераты могут входить до семи частиц. После нескольких построений конгломераты составляют порядка 5% от общей массы порошкового материала. При этом увеличивается количество частиц округлой формы. После 10-й загрузки порошок, в который не добавлялся новый, состоит преимущественно ($> 80\%$) из конгломератов. Производственный опыт показывает, что конгломерация более 3-х частиц приводит к снижению качества изделий, изготовленных методом SLS, поэтому важным является определение их относительного количества.

Оценка состояния порошка по цветовой шкале позволяет достаточно оперативно определять целесообразность его повторного использования при построении на установке SLS. Для выявления пригодности порошкового материала опытным путем определена область цветового пространства RGB соответствующая цветовым оттенкам пригодного порошка, что позволяет достаточно точно оценивать состояние порошка на этапе подготовки к формообразованию изделий.

Применение комплексной методики оценки работоспособного состояния порошкового материала позволило решить ряд приоритетных задач для повышения точности формообразования изделий на установках селективного лазерного спекания.

ВИРОБНИЦТВО ГОТОВИХ ДЕТАЛЕЙ АДИТИВНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Доля В.М.

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

Аддитивні технології 3D друку з'явилася ще у 1986 році, але до цього часу виробництво готових металевих деталей машинобудівного призначення має низку технічних проблем, вирішення яких потребує значних матеріальних і інтелектуальних витрат. Станом на сьогодні у розвинутих країн Євросоюзу та інших майже не існує проблем з виготовленням одиничних деталей та навіть вузлів механізмів з металевих деталей. Різноманітність металевих порошків, що застосовуються для цих технологій (титан, нержавіюча сталь, мартенситна сталь, високотемпературний сплав на основі нікелю та хрому, сплав кобальту та хрому, високоміцна сталь, мідний сплав, алюмінієвий сплав, та інші) дозволяють виготовляти деталі у десятки разів швидше, ніж за традиційною технологією. Крім того складність конструкції виробу може бути підвищена до такої, що не уможлиблює її виготовлення аналоговими технологіями. Слід зауважити, що вартість промислового устаткування для 3D друку сягає за \$ 200000, а вартість робочого матеріалу (металевого порошку) від \$ 20 до \$ 3000 за 1 кілограм. Устаткуванням з найбільшим робочим простором (5791x1219x1219 мм) вважається 3D принтер EBAM 300 фірми Sciaky, який використовується у військовій промисловості США зі стандартною швидкістю нарощування 3-9 кілограмів матеріалу за годину. Розміри робочих просторів серійних промислових 3D фабрик, наприклад M Line Factory або XLine 2000, не перевищують 800x400x500 мм. У світі є вісім основних виробників 3D принтерів для друку металом, більшість з них розташовані в Німеччині. Їх технології йдуть під аббревіатурою SLM (селективне лазерне плавлення) або DMLS (пряме спікання металу лазером). Шведська компанія Arcam в даний час є єдиним виробником 3D принтерів за технологією EBМ (плавлення електронним промінням). Плавлення електронним пучком подібне до селективного лазерного спікання, але для затвердіння металу використовують пучок високої енергії, що складається з електронів (а не фотонів, як при лазерному спіканні), процес спікання відбувається у вакуумі. Металеві порошкові матеріали для виготовлення деталей за цією технологією можуть бути дуже дорогими, від \$ 350-450 за кг. Придбати в Україні професійний 3D принтер, наприклад SLM-M250 Китайської фірми Shining 3D з робочим простором 250x250x300 мм, можна за 11700000 грн., що практично не можливо для виробників середнього та малого бізнесу. 7 лютого 2019 Верховна рада прийняла в другому читанні законопроект про закріплення в Конституції стратегічного курсу України на членство в Євросоюзі і НАТО. Впровадження вищезазначених технологій в Україні, не зважаючи на велику коштовність устаткування, повинно сприяти підвищенню розвитку промисловості країни і подальшої інтеграції з Євросоюзом і НАТО.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ .NET-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНООБРОБКИ СТАЛЕЙ

**Зінченко А.Ю.¹, Мілан Едл², Драган Перакович³, Добротворворський С.С.¹,
Басова Є.В.¹, Добровольська Л.Г.¹**

**¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків**

²Університет Західної Богемії, м. Пльзень

³Загребський університет, м. Загреб

Сучасний ринок матеріалів для машинобудівної продукції характеризується значною різноманітністю пропозицій та представлений великою чисельністю виробників. Кожна компанія-виробник пропонує свою продукцію із комплексом «оптимальних» рішень та власних технічних можливостей із питань металообробки. Швидкий та оптимальний вибір способу обробки матеріалів із різними механічними властивостями стає все більш складною задачею, що потребує великих затрат часу та ресурсів. На вибір способу лезвийної обробки матеріалів впливають безліч факторів: стійкість інструменту, продуктивність методів обробки, початкова та шукана якість оброблених поверхонь, якість виготовлення інструмента, вартість (інструменту, технології тощо), терміни поставки матеріалів та ін. Для забезпечення позиції лідера на світовому ринку та створення конкурентоспроможної продукції виробникам постійно необхідно моніторити рекламні каталоги та стежити за оновленням інструментальних пропозицій тощо.

Метою дослідження стало зниження трудомісткості операцій та собівартості обробки матеріалів із забезпеченням заданих показників якості шляхом створення програмного забезпечення на базі .NET-технологій.

В роботі проведений аналіз деяких існуючих програмних продуктів фірм-постачальників спеціалізованого машинобудівного програмного забезпечення (ВЕРТИКАЛЬ, ТехноПро, FeatureCAM), що дало можливість виявити та врахувати їх переваги і недоліки при розробці власного продукту. Пропоноване програмне рішення базується на симбіозі роботи програмної технології Microsoft .NET, об'єктно-орієнтованої мови C#, SQL та реляційної системи керування базами даних SQLite.

Важливим етапом роботи стало структурування та підготовка даних для занесення до проектованої бази даних та робота із програмним інструментом. При створенні програмного продукту робота велась із кожним обраним параметром в середовищі бази даних, що в результаті дозволило не лише зберігати відомості про матеріал, а робити операції над даними (розрахунки, пошук за ім'ям та властивостями тощо).

Результатом роботи стало створення програмного коду пропонованого програмного забезпечення механічної обробки матеріалів та представлення інструкції з експлуатації для споживача.

У перспективі планується вдосконалення програми шляхом додавання автоматичного вибору різального інструменту в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу.

ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Зубкова Н.В.¹, Тітаренко О.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

*²Національна академія Національної гвардії України,
м. Харків*

Якість продукції, яка закладена на стадії проектування, безпосередньо реалізується технологічним процесом [1]. На кожній операції поетапно формуються основні експлуатаційні характеристики майбутнього виробу. Сучасні підходи забезпечення якості, зводяться до її контролю на кожному технологічному етапі або навіть після певних відповідальних операцій. Застосування статистичних методів регулювання на всіх етапах технологічного процесу дозволяє своєчасно виявити проблемні питання і уникнути втрат, пов'язаних з браком продукції та втратою виробничого часу [2, 3].

При механічній обробці деталей на металорізальних верстатах виникає ряд похибок (похибки розміру, форми і розташування поверхонь, шорсткість), джерелами яких є технологічна система: верстат, пристосування, інструмент і оброблювана деталь (ВППД). Ці похибки за характером їх утворення можна розділити на постійні, функціональні і випадкові. У зв'язку з тим, що вони виникають одночасно, в результаті утворюється сумарна похибка обробки деталі, яка за нормальних умов перебігу процесу, як правило, підпорядковується закону нормального розподілу, що дозволяє виконати об'єктивну оцінку технологічного процесу або окремих його операцій: визначити точність і стабільність процесу, можливий відсоток браку; дослідити вплив параметрів процесу різання і жорсткості системи ВППД на коливання розмірів оброблених деталей і їх шорсткість; оцінити точність форми і взаємного розташування осей і поверхонь у деталей.

Більш глибоко вивчити питання точності механічної обробки і доповнити статистичний аналіз дозволяє кореляційний аналіз технологічних процесів. Він дозволяє встановити наявність, форму і силу зв'язків між окремими показниками обробки і підвищити точність наступної операції завдяки контролю попередньої. Кореляційний аналіз раціонально використовувати при вирішенні таких технологічних завдань, як: розробка міжопераційних припусків і допусків; встановлення можливості одночасного контролю декількох параметрів за одним з них; встановлення впливу похибок обробки даної операції на похибки обробки, що виникають при виконанні наступної; визначення ступеня впливу кожної операції на кінцевий результат.

Література:

1. ДСТУ 2925-94 Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
2. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения / И.С. Солонин / М., «Машиностроение», 1972. - 216 с. 3. Мотика І.І. Моделювання статистичних характеристик технологічних процесів / І.І.Мотика, Л.А. Недоступ, Н.І. Нестор // [Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка»](#). - 2010. - № 685. - С. 55-58.

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ УКРАЇНИ В СВІТОВОМУ РЕЙТИНГУ ЛОГІСТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Ісєміні І. І.

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

Відповідно до списку Logistics Performance Index 2018 за показником логістичної ефективності Україна в минулому році посіла 66 місце, піднявшись в рейтингу на 14 позицій в порівнянні з 2016-м роком [1].

Порівнюємо показники України з лідерами рейтингу. Показник «Custom» (Митниця) свідчить про легкість проходження товарами та вантажами митного очищення, а саме: швидкість, простота та передбачуваність формальних процедур). Багато країн, що посідають в рейтингу місця набагато нижчі за Україну, мають вищий показник.

Наступний показник – «Infrastructure» (Інфраструктура) свідчить про наявність розвинутої транспортної інфраструктури, зокрема портів, залізничних і автомобільних шляхів і інформаційних технологій. Знову ж таки, відзначаємо, що всього 2 країни з першої сотні мають цей показник нижчим за Україну. У всіх інших країн цей показник вищий.

Ще один показник «International shipments» (міжнародна доставка) свідчить про конкурентоспроможність тарифів на доставку вантажів. На відміну від попередніх двох за цим показником Україна небагато відрізняється від інших країн, що посідають місця з 67 по 100, що свідчить, скоріше за все, про те, що Україна справедливо посідає своє місце (дешева робоча сила ставить її в один ряд з країнами, що мають приблизно такий же рівень життя).

Наступний показник – «Logistics competence» (логістичні компетенції), свідчить про рівень і якість логістичних сервісів, наприклад, транспортних операторів і митних брокерів. Варто відзначити, що майже всі країни, які посідають місця нижчі від України, мають цей показник нижчим.

Показник «Tracking & tracing» (відслідковування та моніторинг) свідчить про можливість відслідковування вантажів. В цьому плані в Україні все добре, оскільки 13 країн, які посідають місця з 49 по 65 мають цей показник нижчий, ніж Україна.

Останній показник «Timeliness» (своєчасність) свідчить про своєчасність доставки товарів адресату точно за розкладом. За цим показником Україна набрала більше пунктів ніж багато інших країн в рейтингу.

Отже, з розглянутих вище всіх показників рейтингу для нас, як для фахівців у піднімально-транспортних машинах, найбільше цікавими є «Інфраструктура» та «Логістичні компетенції». Зрозуміло, що логістична інфраструктура в цілому по країні не може існувати відірвано від логістичної інфраструктури окремих підприємств, а логістичні компетенції співробітників цієї галузі потрібно підвищувати, готуючи висококваліфіковані кадри.

Література:

1. INTERNATIONAL LPI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lpi.worldbank.org/international/global/2018>.

РОЗВИТОК ІНЖЕНЕРНОГО МИСЛЕННЯ ЗАСОБАМИ САПР

Кіяновський М.В., Бондар О.В.

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг

У наш час існує великий попит на спеціалістів технічних дисциплін, інженерів та технологів. Але технічні дисципліни важкі для осмислення студентів й зазвичай з ними виникають проблеми. Великі труднощі, у майбутніх інженерів, з'являються з тримірним мисленням та уявою майбутніх деталей та виробів. Ця проблема являє собою низку негативних наслідків. Зокрема, вона постає перепорою для подальшого розвитку студента як професіонала. Тому виникає необхідність зробити процес навчання зрозумілим, цікавим та корисним.

Одним з головних аспектів, що розглядаються в дослідженнях підготовки інженера, є розкриття особливостей функціонування і розвитку їх інженерного мислення. Особливість інженерного мислення полягає не тільки в оволодінні необхідними знаннями майбутньої професійної діяльності, здібностями передбачати і прогнозувати шлях і результати моделювання, розрахунків, тощо. Інженер повинен не тільки подумки передбачити результат своєї діяльності, а й мати обґрунтовані факти, які вказують на характерні властивості, функції і структурні особливості об'єкта діяльності і процесу його виготовлення.

Становлення інженерного мислення безпосередньо пов'язане з вирішенням професійних (технічних, конструкторських) завдань, тобто ґрунтується на практичних завданнях. Фундаментом прийнятого інженером рішень стає науковий гуманізм, що виражає загальнолюдські інтереси і визнає найвищою цінністю людське життя. Такого роду переоцінка цінностей спонукає мислення інженера на комплексне здійснення науково-технічних програм, автоматизації науково-дослідних робіт, створення принципово нових і соціально безпечних технічних систем і екологічно чистих технологій. Проектування складних технічних систем вимагає від інженера не тільки високого рівня загальнотеоретичної, технічної підготовки, ретельного системного опрацювання створюваних проектів, а й високого абстрактного мислення, що дозволяє орієнтуватися, розуміти і враховувати широкі міждисциплінарні зв'язки, при побудові конкретної технічної системи. Для здійснення інженерних проектів у відповідність з принципом орієнтації на економічну і соціальну міру людини, кожному проектувальнику і конструктору необхідний розвиток відповідного інженерного мислення.

На сьогоднішній день для цього в навчальному процесі можна використовувати різні засоби САПР (систем автоматизованого проектування). Одним з яскравих представників, що сприяє розвитку інженерного мислення, є програмне забезпечення ArtCAM Autodesk (Delcam) – для проектування об'ємних рельєфів та надає унікальні можливості 3D-моделювання та виробництва високотехнологічних і художніх виробів, створення керуючої програми для їх обробки на верстаті з ЧПК. Він використовується для виробництва широкого спектру виробів з елементами художнього оформлення: монет, ювелірних прикрас, вивісок, упаковки, предметів інтер'єру, меблів, посуду, тощо.

Таким чином, ArtCAM є відмінним програмним забезпеченням, що дозволяє отримати необхідні навички та вміння для розвитку інженерного мислення.

ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРУЖНОЇ ОПОРИ З КЕРОВАНОЮ КВАЗІНУЛЬОВОЮ ЖОРСТКІСТЮ

Клітної В.В., Гайдамака А.В., Наумов О.І.

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

Одним з найбільш ефективних засобів зниження загального рівня вібрацій і динамічних напружень в роторних системах є пружні опори. Такі опори разом з незаперечною перевагою у вигляді простоти конструкції не здатні миттєво і в необхідних межах змінювати жорсткість під час переходу ротора через резонанс.

Перехід ротора через резонанс з миттєвою зміною жорсткості може бути забезпечений шляхом використання пружних систем з керованою квазінульовою жорсткістю. Концепція використання в віброзахисних системах з керованою квазінульовою жорсткістю п'єзокерамічних матеріалів є досить перспективною. Високі значення п'єзоелектричних характеристик та різноманіття форм і розмірів п'єзокерамічних елементів обумовлюють їх ефективне застосування у якості як керуючих так і активних елементів.

У роботі запропонована математична модель вібросистеми з пружними п'єзокерамічними елементами які забезпечують квазінульову жорсткість. Аналітичний підхід до вирішення проблеми віброзахисту роторних систем з пружними адаптивними елементами квазінульової жорсткості припускає розробку основ теорії їх функціонування на базі комплексу математичних моделей опису динаміки віброзахисної системи, електромеханічного стану і електродинаміки активного і керуючих 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.

Представлена базова математична модель, може бути спрощена за рахунок переходу від тривимірної електромеханічної моделі до одновимірної задачі. Крім того для здійснення взаємодії між керуючими і активними адаптивними елементами необхідно побудувати математичну модель схеми активного управління для запропонованої системи. Найбільш ефективним бачиться використання узагальненої схеми метода контролю зі зворотним зв'язком.

Конкретні значення параметрів конструкції пружних опор з керованою квазінульовою жорсткістю у вигляді адаптивних п'єзокерамічних елементів можуть бути отримані на основі чисельних методів.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МІЖСЕКЦІЙНИХ З'ЄДНАНЬ БАШТОВИХ КРАНІВ COMANSA 10LC140

Коваленко В.О.

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

Технічна документація виробника не регламентує нормативні показники, по яких повинно оцінюватись технічний стан вузлів зчленування меж секційних з'єднань, рис.1.

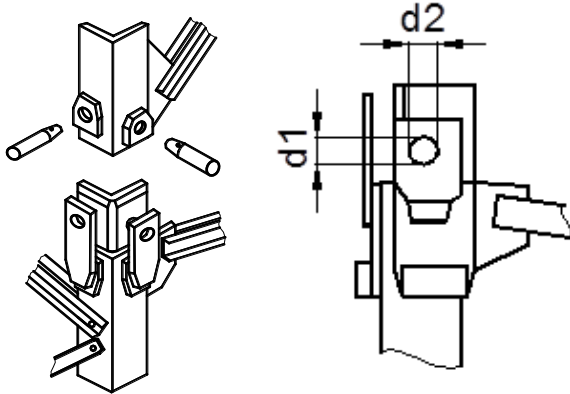


Рис.1

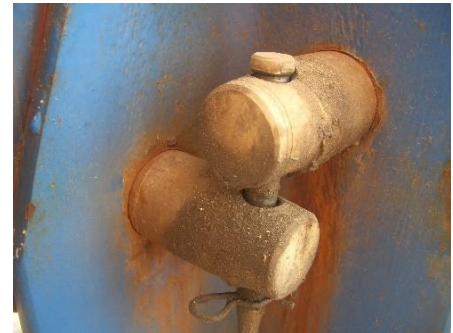


Рис.2

Технічний стан оцінювався по трьом показникам:

- допустима овальність отворів: при $d1 - d2 > 0,5$ мм – вузол підлягає заміні;
- пальці підлягають заміні при зносі більш ніж 0,3 мм., а також через кожні 6 років експлуатації;
- збільшення виробітки отворів вушок не повинна перевищувати 2% від початкової величини діаметру.

Було встановлено, що на момент першого монтажу крану фактичне значення нормованих показників знаходяться в межах в допустимих показників.

Однак, було прийнято рішення про доцільність проведення систематичного інструментального дослідження на інших кранах такого типу перед монтажем, під час підрозування башти і демонтажу, встановлення елементів кріплення [1].

Моніторинг технічного стану довів доцільність інструментального дослідження на перелічених етапах роботи кранів, рис.2.

В результаті аналізу отриманих даних власнику кранів був запропонований алгоритм монтажу-демонтажу і обслуговування, який мінімізував витрати на заміну вузлів зчленування меж секційних з'єднань і забезпечив безпечну експлуатацію в межах нормативного терміну експлуатації.

Література:

1. Коваленко В.О. Моделювання елементів кріплення баштових приставних / В.О. Коваленко, Р.А. Павкін, В.В. Боков, Є.С. Редька // Збірник тез доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції «Microcad», 2016 р. – с. 145.

ШЛЯХИ СКОРОЧЕННЯ ВИТРАТ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПЕЛЕТ

Коваленко В.О., Ісьєміні І.І., Костенко О.С.

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

В умовах енергозалежності України від постачання зовнішніх джерел все більше актуальним є питання використання власних поновлюваних джерел енергії. В останні роки себе добре зарекомендував такий вид палива як паливні гранули (пелети) [1]. Переваги цього виду палива в порівнянні з традиційними – високі теплотворна здатність і екологічність [1]. Сьогодні вартість опалення 1000 м² пелетами нижче на 10 % ніж вугіллям і більше ніж вдвічі при опаленні газом. Слід зауважити, що застосування вугілля при опаленні погано піддається автоматизації.

Умовно виробництво пелет можна розподілити на декілька етапів: заготівля і подрібнення сировини, сушка, гранулювання та пакування. Вони є невід'ємними. Лінії відрізняються в основному на етапах подрібнення. В залежності від параметрів сировини (габаритів і вологості) лінії можуть бути з додатковими сушильними комплексами або з декількома дробильними комплексами, що дозволяє підприємству збільшити обсяг виробництва за рахунок використання різноманітної сировини, або навпаки є можливим адаптування виробництва під один вид вхідної сировини, що дозволяє заощадити на виробничій площі або персоналі.

Здешевлення собівартості процесу виробництва пелет є актуальним завданням. Аналіз технічних рішень виконання елементів виробництва пелет і проблем, які виникають під час виробництва, доводить, що для зниження собівартості кінцевого продукту варто зосередитись на наступних напрямках:

1) підвищення продуктивності на лінії виробництва за рахунок створення великих комплексних вузлів, які здатні виконувати декілька технологічних операцій; це дозволить не тільки вирішувати проблеми скорочення виробничих площ, а й дозволить скоротити тривалість робочого циклу.

2) підвищення продуктивності на лінії виробництва за рахунок відмови від конвеєрів відкритого типу на користь шнеків або конвеєрів закритого типу;

3) підвищення продуктивності на лінії виробництва за рахунок зменшення відстаней транспортування сировини та продукції на різних етапах виробництва;

4) приділення більшої уваги охороні праці на виробництвах, зокрема зменшення рівня запиленості – як одному з найбільш негативних факторів на виробництвах подібного типу.

Результати проведеного дослідження можуть стати підґрунтям для подальшого аналізу проблем транспортування сировини на виробництвах пелет.

Література:

1. Климченко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. / За ред. В.В. Климченка – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017 – 162 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАШТОВИХ КРАНІВ СЕРІЇ КБ

Коваленко В.О.¹, Ісьєміні І.І.¹, Коваленко О.О.²

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»,

²*ТОВ РМК «Кран-911», м. Харків*

Після декількох років депресії на будівельному ринку країни останній з 2017 року демонструє позитивну динаміку. Безумовно, відразу нагальною стала потреба в баштових кранах, які як і раніше є основним засобом, який забезпечує реалізацію проектів в будівництві, в першу чергу, на житловому ринку.

В даний час виник відкладений попит на будівельну техніку з сучасними технічними характеристиками. За різними джерелам, в Україні зараз знаходиться в експлуатації від 5 до 5,5 тисяч одиниць баштових кранів, які працюють на будівельних майданчиках.

Слід зауважити, що від 85 % до 90 % парку відпрацювали нормативний термін експлуатації і мають технічний стан, який потребує експертної оцінки можливості їх подальшого безпечного використання.

В минулі роки при досить сталому розвитку економіки оновлення парку не перевищувало 5 %, при цьому вільна ніша переважно заповнювалася технікою закордонного виробництва, Potain, Liebherr, TEREX, IHI, Jaso, Linden-Comansa, Ogawa, PPM, Raimondi і Zeppelin.

Багаторічний досвід роботи на ринку експертних послуг, зокрема оцінки технічного стану і можливості подальшої безпечної експлуатації баштових кранів, дає можливість стверджувати, що і наявний парк баштових кранів дає можливість вирішувати проблеми, які стоять перед будівельною галуззю [1].

Насамперед, це реконструкція і модернізація баштових кранів серій КБ-308...КБ-405. Якщо питання реконструкції в напрямку підвищення висоти підйому і вильоту досить добре відпрацьовані і впровадженні завдяки проектам і Технічним умовам, то використання можливостей сучасних приводів і схем керування ними, гарантовано дасть можливість отримання якісно нових споживчих характеристик кранів, які реально отримають друге життя і вирішать проблеми будівельників в скрутних фінансових умовах.

Слід зазначити, що не всі будівельні крани, які були завезені в Україну, виправдали очікування, в першу чергу це стосується конструкцій, секції башти яких складаються з панелей і з'єднуються на пальцях і потребують згідно з інструкціями їх заміну після трьох монтажів. Залишається відкритим питання і роботи в зимовий період, незважаючи на можливості сучасних технологій при низьких температурах.

Література:

1. Коваленко В.А. Логистический подход к планированию и организации строительно-монтажных работ в условиях уплотненной застройки мегаполисов / В.А. Коваленко, Е.С. Редька, Р.А. Павкин, Ж.И. Коваленко // *Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад.* – Х., 2015. – Вип. 16. – С. 11–21.

ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕНЕРГОКАВІТАЦІЙНИХ СТЕНДІВ ІНСТИТУТУ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ НАН УКРАЇНИ

Коротаєв П.О.¹, Шпак П.В.²

¹Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної академії наук України, ²Державне підприємство «Завод ім. В.О. Малишева», м. Харків

Енергокавітаційні стенди лабораторії ІПМаш НАН України є унікальними спорудженнями, що мають статус «національного надбання» та призначені для виконання науково-дослідницьких робіт по вивченню робочого процесу в гідромашинах, проведенню досліджень та отриманню експериментальних характеристик моделей гідромашин.

До складу лабораторії входять два стенда ЕКС-15 та ЕКС-30, що є універсальними установками, які забезпечують проведення експериментальних досліджень при створенні вискоєфективних проточних частин гідромашин. Гідродинамічні стенди лабораторії відповідають всім вимогам міжнародного стандарту МЕК 60193, що обумовлює необхідність заходів по збереженню та забезпеченню належного функціонування гідродинамічних стендів.

В зв'язку з фізичним та моральним старінням компонентів системи управління та регулювання циркуляційними насосами гідродинамічних стендів та різким збільшенням відмов та порушень роботи виникла потреба модернізації існуючої електричної схеми живлення циркуляційних насосів стендів ЕКС-15 та ЕКС-30.

Розроблено електропривод та систему автоматизованого керування насосу стенду ЕКС-30, що отримає живлення постійним струмом від перетворювача DCS550-S01-0470-05 потужністю 250 кВт (виробництво Німеччина).

Основні технічні рішення та досвід налагодження електроустаткування насосу стенду ЕКС-30 будуть використані під час модернізації стенду ЕКС-15.

Проведені роботи по відновленню надійної працездатності обладнання забезпечили можливість конкурувати зі стендами провідних зарубіжних фірм, призначених для проведення експериментальних досліджень моделей гідромашин та дозволили і надалі в межах наукового напрямку «гідродинаміка турбомашин» вирішувати такі актуальні для України науково-технічні проблеми:

- створення нових вискоєфективних проточних частин гідротурбін, насос-турбін, насосів для модернізації гідромеханічного обладнання вітчизняних гідравлічних електростанцій та поставок на експорт;
- розширення фундаментальних та прикладних досліджень у галузі гідродинаміки гідромашин;
- створення сучасних методів та засобів експериментального дослідження робочого процесу в гідромашинах на базі сучасного вимірювального обладнання і нових технологій;
- розробка та експериментальні дослідження нового обладнання для малих ГЕС та мікро ГЕС.

АНАЛІЗ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ШАТУНІВ**Косов І.О., Косов М.О., Дегтярьов І.М., Іванов В.О.*****Сумський державний університет, м. Суми***

При роботі машини шатун знаходиться під дією знакозмінних сил: уздовж шатуна від підсумовування робочих навантажень і складових сил інерції, в поперечному напрямку від нормальної та дотичної складових сил інерції. У швидкохідних машинах, наприклад синхронні машини або турбогенератори, дія сили набуває характер ударів. Для опору діючим силам і зменшення впливу сил інерції шатун повинен мати достатню жорсткість і міцність.

Обґрунтування вимог є важливим етапом забезпечення ефективності проектування технологічних процесів виготовлення деталей, що реалізується точністю діаметральних розмірів, точністю форми і розташування, шорсткістю поверхонь отворів обох головок. Отвір під втулку в поршневій головці і отвір у втулці, запресованої в поршневій голівці шатунів дизелів, отримують по 6-7 квалітетам точності. Відхилення від циліндричності отвору втулки поршневої головки у автомобільних шатунів допускаються не вище 0,0025 мм, у тракторних шатунів – V ступеня точності згідно з ГОСТ 10356-63, у дизельних шатунів дизелів – 2/3 допуску на діаметр отвору. Відхилення від паралельності осі отвору втулки поршневої головки відносно осі отвору кривошипної головки не повинно перевищувати у автомобільних шатунів 0,04:100, у тракторних шатунів VIII ступеня точності згідно з ГОСТ 10356-63, у дизельних шатунів – 0,02:100 і 0,03:100. Положення в одній площині осі отвору втулки поршневої головки відносно осі отвору кривошипної головки може бути у діапазоні 0,03:100...0,06:100. Відхилення міжосьової відстані отворів у втулці поршневої головки і кривошипної головки шатунів знаходяться у діапазоні від 0,03 мм до 0,1 мм. Відхилення від перпендикулярності торців кривошипної головки відносно осі отвору допускається не більше 0,05:100 ... 0,1:100. Відхилення від перпендикулярності майданчиків під гайку і головку шатунного болта щодо осі отвору під шатунний болт у дизельних шатунів допускається не більше 0,07:100 і 0,1:100, а у тракторних шатунів – XI ступеня точності згідно з ГОСТ 10356-63. Шорсткість поверхні отвору втулки поршневої головки повинна бути Ra 0,4 – Ra 0,8. Витримування вказаних параметрів необхідно для ефективної експлуатації машин.

Міцність шатунів забезпечується вибором матеріалу і вимогами до його макро- і мікроструктури. Дефекти на всіх поверхнях шатунів не допускаються. Шатуни виготовляють із конструкційних середньовуглецевих сталей. Заготовки шатунів, як правило, отримують штампуванням. Перед механічною обробкою заготовки шатунів і кришок зазвичай піддають термічній обробці до HB 207-289.

Необхідна технічними умовами висока точність обробки шатунів повинна бути досягнута при відносно незначній жорсткості шатунів в поперечних перетинах. У зв'язку з цим необхідно передбачати багатоперехідну обробку поверхонь шатуна для компенсації залишкових деформацій, а при проектуванні верстатних пристроїв – обґрунтовано призначати місця контактів заготовки та затискних елементів.

К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ДИСКОВОГО ТРЕНИЯ ДЛЯ НЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ПОГРУЖНОГО НАСОСА

Косоруков А. В.

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

Диски колес насосов вращаются в узких кожухах, ширина которых мала по сравнению с радиусом диска. В боковой полости (пазухе) между диском колеса и стенкой корпуса жидкость движется в окружном и радиальном направлениях. При этом на дисках появляются моменты трения. Кроме того, имеются моменты трения на наружных цилиндрических поверхностях дисков. Суммарную мощность трения этих поверхностей называют мощностью дискового трения. Мощность трения дисков существенно зависит от направления радиального тока жидкости в «пазухе» и условий движения на границах полости.

Для ламинарных течений жидкости, когда пограничные слои смыкаются и распределение окружной скорости в зазоре подчиняется линейному закону, задача определения потерь мощности на дисковое трение определяется следующим образом. Потери мощности на одном диске равны:

$$N_{\text{дк}} = \omega \cdot M_{\text{дт}}$$

где $M_{\text{дт}}$ – момент трения одного диска. Этот момент трения можно определить, проинтегрировав выражение для вязкого трения Ньютона по всей боковой поверхности диска. Тогда получим

$$M_{\text{дт}} = \int_{r_1}^{r_2} (\tau \cdot 2 \cdot \pi \cdot r^2) dr,$$

где r_1 – радиус втулки, r_2 – радиус выхода рабочего колеса, τ – вязкое касательное напряжение (трение) для ньютоновской жидкости, которое вычисляется следующим образом:

$$\tau = \pm \frac{dU(y)}{dy}$$

где μ – динамическая вязкость жидкости, под $U(y)$ понимается скорость жидкости в зазоре, y – осевая координата.

Для нахождения производной $dU(y)/dy$ необходимо знать зависимость изменения скорости U от координаты y . В итоге получаем потери мощности на дисковое трение

$$N_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot \mu}{s \cdot 2} \cdot (r_2^4 - r_1^4).$$

Если принять обозначения $Re_d = \frac{R_2^2 \cdot \omega}{\nu}$, то формула для расчета потерь мощности на один диск имеет классический вид:

$$N = \frac{1}{4} c_{\text{ф}} \cdot \omega^3 \cdot \rho \cdot R_2 \cdot (R_2^4 - R_1^4),$$

где $c_{\text{ф}} = 2\pi \frac{R_2}{s} \frac{1}{Re_d}$ – коэффициент трения для ламинарного течения $Re_d \pm 10^5$.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ

Котляр О.В., Гасанов М.І., Басова Є.В., Іванова М.С., Сажнів І.І.

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

Сучасне машинобудування характеризується інтенсифікацією технологічних процесів виготовлення найважливіших деталей машин, до якості яких пред'являються високі вимоги. Відомо, що колінчастий вал конструктивно і технологічно є складною частиною. Більш того, вони вважаються однією з найбільш критичних і напружених частин двигуна внутрішнього згоряння, бо впливають на надійність складання і конструкції в цілому. Умови експлуатації колінчастих валів і пов'язаних з ними деталей вимагають точних розмірів і правильного відносного положення окремих елементів. Метою наших досліджень є підвищення точності обробки, надійності і експлуатаційних показників колінчастих валів.

Як відомо, при шліфуванні колінчастого валу через його невірноважість маси виникають істотні динамічні навантаження. Тому для досягнення підвищення точності обробки таких деталей становить інтерес значення жорсткості такого колінчастого валу. При дослідженні методами початкових параметрів і імітаційного моделювання були визначені найбільш небезпечні, з точки зору показника точності форми. На базі отриманих результатів було спроектовано оригінальну конструкцію слідкуючого люнету. Таке верстатне пристосування дозволяє компенсувати вплив сили різання на пружну деформацію колінчастого валу в залежності від зміни його жорсткості. Враховано, що жорсткість змінюється в залежності від кута повороту деталі. Для оцінки пружних деформацій, що виникають при шліфуванні головної шийки колінчастого валу із застосуванням та без запропонованого слідкуючого люнету, було виконано імітаційне моделювання. Це дозволило встановити максимальні зміщення оброблюваної шийки валу відповідно до його круговою діаграмою уздовж осей X, Y і в планованій точці контакту зі стійким упором.

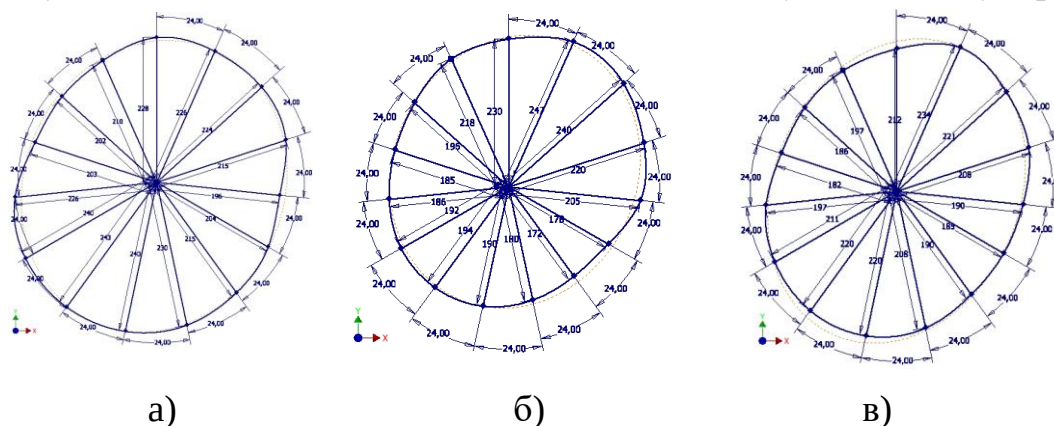


Рисунок 1 – Полярні діаграми пружних деформацій головної шийки колінчастого валу, отримані за результатами моделювання: а – зміщення в напрямку X; б – зміщення в напрямку Y; в – зміщення в точці контакту основної шийки валу та стійкого упору

РОЗРОБКА ГАСНИКА ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ РОБОЧОЇ РІДИНИ ДЛЯ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДІВ

Котляр О.В., Панамарьова О.Б.

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

Сучасний рівень і подальший розвиток техніки нерозривно пов'язані з інтенсифікацією роботи силових систем – гідравлічних приводів, енергозбереженням, поліпшенням умов праці. До їх робочих і експлуатаційних характеристик ставляться досить жорсткі вимоги з підвищення технічного рівня. Стосовно об'ємних гідроагрегатів, які найбільш повно задовольняють вимогам ощадливої витрати матеріалів і енергоресурсів та забезпечують високі показники ККД і надійності, є зменшення шуму та вібрації, значення яких регламентовано відповідними ДСТУ. Для цього актуально застосування гідравлічних гасників коливань [1].

Пульсації тиску робочої рідини у гідроагрегатах є основним видом руйнування трубопроводів. Їх зменшення допускає зниження запасів міцності трубопроводів, а отже, і їх маси. Зокрема пульсації тиску робочої рідини є однією з причин розгерметизації з'єднань, вони зменшують надійність об'ємних гідроагрегатів внаслідок впливу на їх чутливі елементи та виконавчі механізми, викликають незатухаючі коливання клапанів, дроселюючих гідророзподільників, сервомеханізмів, що є одним із факторів, який впливає на стійкість роботи гідроагрегатів.

На підставі проведеного аналізу літературних джерел, конструкцій гідравлічних гасників коливань [2, 3] та сформульованих вище вимог стала актуальна розробка конструкції гідравлічного гасника коливань пульсацій робочої рідини для гідросистем.

В основу запропонованої корисної моделі [4] покладено задачу створення надійного демпфуючого пристрою, який має регулювання пружного елемента на необхідні значення змін коливань робочого тиску у магістралі і не потребує для цього додаткового джерела енергії.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для демпфування коливань робочого тиску складається з корпусу і демпфера, який розташований на пружних елементах. При цьому жорсткість пружних елементів змінюється в залежності від зміни коливань робочого тиску за рахунок підведення до них незалежно відрегульованого робочого тиску з напірної магістралі.

Література:

1. Гідравлічні пасивні гасителі пульсацій тиску : монографія / П.М. Андренко, О.В. Дмитрієнко, М.С. Свинаренко. – Х. : Видавництво ФОП Панов, 2016. – 147 с. 2. Авторское свидетельство СССР, МКИ F16 L 55/02. Гаситель гидравлических ударов / Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочитаишвили, Г.И. Кирмелаишвили и др. (СССР). - № 879127; Заявлено 31.03.80; Оpubл. 07.11.81, Бюл. №41. - 2 с. 3. Авторское свидетельство СССР, МКИ F16 L 55/02. Демпфирующее устройство / Л.В. Аверин, Ю.С. Михеев (СССР). - № 887878; Заявлено 02.04.80; Оpubл. 07.12.81, Бюл. №45. - 2 с. 4. Пат. на корисну модель 132537 Україна, МПК F16L 55/04. Гасник коливань / М.С. Степанов, О.В. Котляр, О.Б. Панамарьова, Є.В. Басова, М.С. Іванова; заявник і патентовласник Степанов М.С., Котляр О.В., Панамарьова О.Б., Басова Є.В., Іванова М.С.; – № u 2018 10621; заявл. 29.10.2018; опубл. 25.02.19, Бюл. № 4.

ПІДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕД ЗВАРЮВАННЯМ ТА ПАЯННЯМ

Крахмальов О.В.

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

Поверхня деталей, отриманих після заготівельних операцій формоутворення, має різні види забруднення: мастила, фарби, окалини, окисних плівок. Забруднення поверхонь деталей, які з'єднуються зварюванням або паянням призводить до зниження якості металевих швів, різної форми наплавлених валиків, нестабільності процесу зварювання, появи прижогів і непроварів при зварюванні плавленням, поганому розтіканню припоїв та іншим дефектам з'єднання при паянні. Тому для отримання якісного зварного або паяного з'єднання необхідно перед зварюванням або паянням спеціально підготувати поверхні деталей та місця їх з'єднання. При такій підготовці деталі очищуються від забруднень окалини, окислів; профілюються зварювальні кромки при зварюванні плавленням; створюється найбільш сприятливий мікрорельєф поверхні при паянні; наносяться спеціальні покриття.

Для знежирення поверхонь деталі оброблюють в спеціальних ваннах з лужними розчинами, які видаляють жири і мастила. Під дією лугів відбувається омилення жирів і перехід їх у розчин. Мінеральні мастила з лужними розчинами утворюють на поверхні метала емульсії, які легко видаляються. Жирові плівки, які не омилуються, видаляються за допомогою органічних розчинників: бензину, трихлоретилену, чотирьоххлористого вуглецю, дихлоретана та ін. В деяких випадках невеликі деталі та деталі складної форми оброблюють в ваннах ультразвуковими коливаннями або застосовують електролітичне знежирення.

Окисні плівки видаляють механічним шляхом (металевими щітками, обдування піском, дрібом) або хімічним шляхом (травленням). Спосіб видалення окисних плівок визначається типом виробництва і конструкцією з'єднуваних деталей. При великих обсягах продукції, що виготовляється, перевага надається травленню і піскоструменевій обробці.

В масовому і багатосерійному виробництві травлення є більш продуктивним процесом, ніж механічна обробка поверхні. Недолік його полягає в можливості перетравлення поверхні метала і в складності роботи з травильними розчинами. Цей метод ґрунтується на можливості кислот та лугів розчиняти окисли деяких металів. Зазвичай застосовують водні розчини сірчаної, азотної, соляної, ортофосфорної, плавикової кислот та їх суміші, водні розчини лугів, а також газові травлювачі.

Поверхня метала, отримана при травленні, в багатьох випадках більш сприятлива для наступного зварювання та паяння, ніж поверхня після механічного зачищення. Піскоструменеве очищення деталей від окалини та поверхневих окислів є універсальним та продуктивним способом, але при цьому виділяється велика кількість кварцового пилу.

СПІЛЬНА ДІЯЛЬНІСТЬ ДИЗАЙНЕРА І КОНСТРУКТОРА

Крахмальов О.В.

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

Співробітництво дизайнера і конструктора може відбуватися в таких ситуаціях: на етапі дизайнерського проекту, на етапі конструкторського проекту, на етапі впровадження, при створенні нових конструкторських розробок з неясним результатом, при модернізації виробів, які добре знайомі конструкторам.

В процесі виконання дизайнерського проекту не завжди потрібен контакт дизайнера і конструктора. Але від дуже важливий в період з'ясування завдання, коли дизайнер продумає всі аспекти і визначається напрямом роботи. Наступним важливим етапом є період обговорення і прийняття до подальшої розробки ескізів, що розкривають дизайнерський задум. В цей період конструктори повинні принципово визначитися в можливості прийняття пропонуваного напрямку дизайнерського рішення, провести попередні необхідні розрахунки щодо найбільш відповідальних вузлів.

На стадії завершення дизайн-проекту також необхідний контакт між конструктором і дизайнером. В цей період, окрім вирішення всіх інших проблем, відбувається дизайнерське відпрацювання деталей структури, кріплення, характеру сполучення деталей з урахуванням технології та конструкційних матеріалів. Технічна пропозиція та ескізний проект дають найбільшу волю для діяльності дизайнера.

Якщо дизайнер починає працювати над об'єктом на стадії робочого проектування, він стикається зі значними труднощами. Закладене в проект конструктивне рішення може не дозволяти вирішити на високому рівні ергономічні та естетичні задачі. Коли дизайнер бере участь в розробці на стадії робочого проекту, то його задум, закладений на цій стадії, дозволяє розвивати і удосконалювати його. Саме так відбувається при участі дизайнера на стадії корегування робочих креслень, що здійснюється після проведення експериментальних випробувань.

Авторський нагляд за впровадженням виробу сприяє найбільш повному здійсненню дизайнерського задуму, дозволяє уникнути недоліків, усунути проблеми, пов'язані з можливостями виробництва. Це дає можливість дизайнеру проаналізувати та оцінити прийняті дизайнерські рішення, урахувати при подальшій роботі можливі недоліки.

Якщо проводиться конструктивна модернізація виробів і в цьому беруть участь досвідчені конструктори, які добре знають об'єкт проектування, то можливий значний позитивний внесок дизайнера. Участь в роботі конструкторів і дизайнерів дозволяє розробити декілька варіантів конструкції або виробу. Зменшення контактів дизайнера і конструктора можливо у випадках відносної простоти конструкції, яка розроблюється.

ЗРІВНОВАЖУВАННЯ І ВІБРОЗАХИСТ МЕХАНІЗМІВ

Крахмальов О.В.

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

Під час руху механізму у кінематичних парах виникають, крім статичних зусиль, додаткові зусилля – так звані динамічні тиски, які передаються на станину і фундамент механізму. Ці змінні за величиною і напрямом динамічні тиски. Ці змінні за величиною і напрямом динамічні тиски спричиняють коливання і вібрації опор та фундаменту механізмів і особливо небезпечні бувають у тих випадках, коли частота вібрації збігається з частотою власних коливань станини (фундаменту), тобто при наявності резонансу. Крім того, динамічні тиски, які виникають під час руху механізму, збільшують сили тертя в опорах обертових валів, збільшують спрацювання підшипників і створюють в окремих частинах механізму додаткові напруги.

Оскільки багато механізмів працює на великих швидкостях, то в процесі проектування механізму ставиться задача про зрівноважування механізмів, тобто повного або часткового погашення динамічних тисків. Задача про зрівноважування механізму як системи рухомих тіл у загальному вигляді не може бути розв'язана, бо при виконанні умов зрівноважування інерційних тисків в одній кінематичній парі виникає незрівноваженість інших кінематичних пар, внаслідок чого задача в загальній її постановці стає нерозв'язною. Якщо додаткові маси (противаги) застосовуються для зменшення або усунення динамічної дії на фундамент, то це буде зовнішнє зрівноважування механізму.

При зрівноважування механізму на його фундаменті виникають дві окремі задачі: 1) зрівноважування окремих обертових ланок; 2) зрівноважування механізму в цілому. Задачу зрівноважування механізму не можна ставити в розумінні його повної зрівноваженості. Звичайно механізм вважають зрівноваженим, якщо головний вектор і головний момент відносно довільного центра зведення динамічних опорних реакцій фундаменту механізму, що виникають від сил інерції, дорівнюватимуть нулеві або не перевищуватимуть певних, наперед заданих величин. Це спричинює в першому випадку нерухомість загального центра мас усіх рухомих ланок механізму і відсутність кутових коливань навколо нього. Реакції в рухомих кінематичних парах механізму – величини змінні, але вони, як сили внутрішні, не призводять до коливань станини і зв'язаного з нею фундаменту.

Зрівноважування обертового тіла полягає в такому підборі його мас, який забезпечив би повне або часткове погашення додаткових інерційних тисків на опори. Тіло вважається зрівноваженим динамічно, коли воно обертається навколо однієї з головних осей інерції, але вісь не є головною центральною віссю інерції.

БОРОТЬБА ЗА ЯКІСТЬ ПРОДУКТУ НА ПРОТЯЗІ УСЬОГО ЙОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Крижний Г.К.

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

В роботі розглянуто аналіз кризи вітчизняного машинобудування, втрата зовнішнього і внутрішнього ринків машинобудівної продукції і, як наслідок, курс на деіндустріалізацію країни.

В п'ятдесятих роках минулого століття ціла плеяда вчених і менеджерів США і Японії перетворили Японію в полігон, на якому відпрацьовували свої концепції розвитку промисловості – в результаті створили «японське чудо». Тому має сенс придивитися до досвіду Японії і можливо щось запозичити.

Першим досягненням була заміна суцільного контролю статистичним, що значно скоротило затрати. За статистикою 85% усіх втрат мають місце з причини недосконалості процесу і тільки 15% з вини робітника. Пріоритетом покращення якості є створення процесу стійкого до впливу мінливих факторів.

Якість закладена в продукті. Відомо [1], що 75% рівня якості закладається на рівні концепції товару та НДДКР. Ще на 15% якість залежить від підготовки виробництва. І тільки на 10% якість залежить від власне виробництва. «Білі комірці» грають істотно більшу роль, ніж «сині комірці».

Продукт з недостатньо добре розробленою конструкцією почне приносити збитки суспільству уже на ранніх стадіях виробництва, а потім у споживача в процесі експлуатації. Якщо споживачі приймають техніку без суттєвих зауважень, вона розцінюється як якісна. Але ціна якості повинна досліджуватися на протязі усього життєвого циклу виробу, більша частина якого проходить у споживача, а не у виробника. Виробник повинен потурбуватися, щоб його вироби підходили найкращим чином споживачеві, щоб їх складові мали однаковий термін придатності і одночасно виходили з ладу – ідеальний автомобіль, це такий, що після терміну експлуатації при в'їзді на звалище він розвалюється на однаково зношені деталі.

І виробник, і споживач є членами одного суспільства [2]. Крім того усі ми, як працівники на виробництві, є членами якоїсь ланки в ланцюзі цінності певного механізму, який в свою чергу входить ланкою в ланцюг цінності більшого механізму, а той в свою чергу в ланцюг цінності певної машини. І так ми усі є пов'язані у величезну павутину ланцюгів цінності. Порив найслабшої ланки в одному із ланцюгів цінності вносить розбалансування в усю систему господарювання. Тому дбати потрібно за якість кожної ланки.

Література:

1. *Крыжний Г.К., Вerezub H.B., Kozakova H.B., Fedorovich V.A.* Пути обеспечения качества на этапе разработки продукта. Сучасні технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць.-Харків: НТУ «ХПІ», 2009.-с.225-230.
2. *Крижний Г.К.* Стратегічний технологічний менеджмент: Навч. посібник. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – 448 с.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОГО ПОТОКУ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ГІДРОТУРБІНИ РО 310

Крупа Є.С., Недовєсов В.О.

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

При відсутності модельних характеристик спрогнозувати параметри, що видає гідротурбіна, можливо лише за результатами розрахунку картини течії рідини в середині її проточної частини (ПЧ).

У даній роботі для чисельного дослідження потоку в проточній частині гідротурбіни РО 310 було використано програмний комплекс OpenFOAM, який розповсюджується по ліцензії GNU GPL (ліцензія вільно поширюваного програмного забезпечення з відкритим кодом).

Програмний комплекс OpenFOAM в даний час широко використовується для вирішення прикладних завдань гідрогазодинаміки.

В даній роботі було проведено чисельне дослідження просторового потоку для двох варіантів ПЧ:

- 1) ПЧ гідротурбіни РО 310 з робочим колесом з 15 лопатями (модифікація 1);
- 2) ПЧ гідротурбіни РО 310 з робочим колесом з 17 лопатями (модифікація 2).

В результаті проведення чисельного експерименту отримано і проаналізовано наступні дані для двох модифікацій РК:

- візуалізацію потоку (поля швидкостей та тисків) в характерних перетинах ПЧ гідротурбіни РО 310;
- епюри розподілу швидкостей та тиску вздовж лицьової та тильної поверхонь лопаті робочого колеса;
- гідравлічний момент на валу гідроагрегату;
- гідравлічний ККД гідротурбіни;
- значення гідравлічних втрат енергії у підводі.

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

Прорахувавши дві модифікації ПЧ, було зроблено висновок, що кращим варіантом є модифікація 1 з робочим колесом, що має 15 лопатей.

Порівняння проводилося виключно по ККД гідротурбіни. Питання кавітації та міцності в даній роботі не розглядалися.

ШЛЯХИ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ У ПНЕВМОПРИВОДАХ

Крутіков Г.А., Стрижак М.Г., Стрижак В.В.

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

При використанні мехатронних пневмосистем у якості засобів автоматизації виробничих процесів актуальним є вирішення завдання енергозбереження і забезпечення плавного безударного гальмування робочого органа, адже у промислово розвинених країнах на виробництво стисненого повітря припадає близько 10% загального енергетичного балансу.

Існує декілька сучасних підходів до питання енергозбереження. Один із способів збереження стисненого повітря передбачає відмову від використання єдиного компресора і синхронізацію ввімкнення і вимкнення групи компресорів в залежності від об'ємів споживання. Однак при такому підході часто не розглядається питання енергоефективності кожного окремого споживача (пневмопривода).

З іншого боку, існує підхід до підвищення енергоефективності окремого пневмопривода шляхом заміни стандартного чотирьохлінійного пневморозподільника двома трьохлінійними розподільниками і вибору раціональної програми керування ними. Однак часто при такій постановці задач відсутні теоретичні дослідження на основі математичного моделювання. Це виключає можливість зробити узагальнення і визначити область раціонального використання методу.

Ще одна методика передбачає використання математичного моделювання при вирішенні питання енергозбереження. Однак дуже часто використовувані математичні моделі є дуже спрощеними і не враховують усі термодинамічні процеси, які мають місце у пневмоприводах.

Існує ще один шлях до вирішення питання енергозбереження – шляхом раціонального вибору рівня тиску у пневмосистемі. У цьому випадку у разі необхідності тиск перед споживачем редуціюється, або навпаки, у разі необхідності використовується локальний пристрій, подібний до гідравлічного мультиплікатора.

Порівняно невелика кількість дослідників пов'язує питання енергозбереження з процесом гальмування і позиціонування робочого органа пневмопривода, хоча традиційні способи гальмування ґрунтуються на використанні зовнішніх або внутрішніх дроселюючих пристроїв які перетворюють кінетичну енергію рухомих частин у теплову і, як наслідок, мають вкрай низьку енергетичну ефективність.

Способи гальмування на основі зміни структури комутаційних зв'язків без використання дроселюючих пристроїв дозволяють на якісно новому рівні вирішити питання енергозбереження у пневмоприводах.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Кулик Г.Г.

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

Особенность прогнозирования ресурса болтового соединения, установленного в роторной системе, связана с наличием вращательного движения, которое, в зависимости от расположения оси вращения, может существенно изменять условия нагружения крепежа в соединении. Кроме того, существующие отклонения параметров соединения от номинальных, которые связаны как с конструкцией узла, так и с точностью изготовления и монтажа крепежа, приводят к росту нагруженности элементов соединения. Так, увеличение эффекта изгиба болта связано с непараллельностью опорных поверхностей и наличием упругих деформаций соединяемых деталей; возникновение продольных сил в статически и динамически неуравновешенных роторах возникает после их упругой деформации; появление дополнительных динамических сил в деталях типа "диск" объясняется их работой в роторном режиме и так далее.

Расчет усталостной прочности резьбовых соединений для определения их ресурса основан на диаграмме предельных амплитуд, которая описывает зависимость наибольшей несущей способности в зависимости от асимметрии цикла, то есть охватывает весь диапазон средних и амплитудных значений цикла. Точность построения этой диаграммы определяет достоверность результата расчета, а она может быть получена только экспериментальным путем.

Таким образом, прогнозируя усталостную прочность (ресурс) болтового соединения, работающего в роторной системе, необходимо:

- поставить и решить задачу подобия, для чего определить критериальные комплексы подобия, учитывающие свойства материала, конструктивные параметры и технологические особенности деталей рассматриваемого соединения;
- провести анализ возможных деформаций в стыке болтового соединения и рассмотреть условия возникновения динамического раскрытия стыка;
- исследовать усталостную прочность болтового соединения на границе динамического раскрытия стыка.

Литература:

1. Орлов П.И. Основы конструирования. Кн 2,-М.: Машиностроение, 1988.-544с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖУТОВИХ ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ У РАДІАЛЬНО-ОСЬОВІЙ ГІДРОТУРБІНІ РО115

Кухтенков Ю.М.

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

Рівень нестационарності у радіально-осьових гідротурбінах в значній мірі залежить від пульсацій тисків, які обумовлені рухом вихрових джгутів за робочим колесом у відсмоктуючій трубі. Ці вихрові джгути мають складну просторову форму, тому для їх розрахунку їхнього руху застосовують складні просторові математичні моделі. Прогнозування пульсацій тиску зі джгутовими частотами необхідні для розрахунків на міцність проточної частини гідротурбін. Метою роботи було визначення рівня амплітуд джгутових пульсацій тисків у процесі пульсаційних досліджень проточної частини модельної гідротурбіни на напір 115 метрів. Випробування проводилися в широкому діапазоні режимів роботи гідротурбіни, потім порівнювалися експериментальні дані з розрахунковими даними, отриманими із застосуванням просторових математичних моделей.

Порівняння експериментальних даних з результатами розрахунків за наведеними методиками свідчить про допустимий рівень розбіжності у 20-30% для амплітуд джгутових пульсацій тисків, що є однією з умов надійної роботи гідротурбіни.

На режимах з малою закруткою частота джгутових пульсацій тиску на лопатях і за робочим колесом близька до оборотної частоти. На режимах із великою закруткою, де спостерігаються вихрові джгути, частота пульсацій у відсмоктуючій трубі становить близько 20-50% від оборотної і відповідає частоті обертання вихрових джгутів. Таким чином, частота обертання вихрових джгутів значно залежить від режиму роботи гідротурбіни. За даними досліджень виявлено тенденцію до збільшення частоти вихрових джгутів на режимах, близьких до оптимальних. Вплив пульсуючого потоку на робоче колесо сприймається з частотами приблизно 0,5-0,8 і 1,3-2,1 від оборотної залежно від режиму роботи гідротурбіни. На лопатях робочого колеса мають місце також частоти, що кратні оборотним. Низькочастотна складова пульсації тиску пов'язана тільки з вихровими джгутами, що виникають при наявності циркуляції швидкості по контуру конуса (втулки) робочого колеса. Високочастотна складова пульсації тиску обумовлена головним чином режимом обтікання лопатей з великими кутами натікання і вихровими утвореннями, пов'язаними з обтіканням вихідних кромek лопатей робочих коліс, так звані доріжки Кармана.

Прогнозування пульсацій тиску за наведеною методикою при проектуванні дасть можливість вибору кращої проточної частини з найменшими пульсацій тиску, тобто з меншими втратами, і, як наслідок, з більш високими енергокавітаційними показниками гідротурбіни.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЯДА ПАРАМЕТРОВ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Лурье З.Я.¹, Цента Е.Н.¹, Аврунин Г.А.², Мороз И.И.²

¹Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»,

**²Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков**

Объемный гидропривод (ОГП) вращательного движения с замкнутой цепью циркуляции рабочей жидкости (РЖ) является сложной технической системой, включающей аксиально-поршневые насосы и гидромоторы с регулируемым рабочим объемом и устройства обеспечения защиты от кавитации, повышенных давлений, температур и износа узлов трения.

В ОГП имеются параметры, которые могут носить переменный характер при эксплуатации: модуль упругости РЖ; наружные и внутренние утечки (перетечки) РЖ в насосе и гидромоторе; время регулирования подачи насоса и, соответственно, время разгона гидромотора (современные системы электрогидроавтоматики позволяют назначать различные по времени и характеру законы регулирования рабочего объема); момент инерции вращаемых гидромотором масс рабочего органа; крутящий момент гидромотора как функция внешней нагрузки со стороны рабочего органа; объем РЖ в трубопроводах высокого давления между насосом и гидромотором; переменное значение коэффициента кинематической вязкости РЖ на режимах от «холодного» пуска до критического нагрева ОГП.

Современные средства расчета параметров ОГП, основанные на использовании вычислительных блоков, например VisSim, а при экспериментальных исследованиях средств контроля параметров с помощью преобразователей давления, частоты вращения и температуры, и получения информации на ПК, позволяют иметь объективную информацию о состоянии ОГП и влиянии на эффективность его работы различных факторов. Такая информация имеет важное значение, так как обнаруженные экстремальные режимы нагружения ОГП сверх допускаемых изготовителем гидроустройств способствуют снижению долговечности и риску выхода их из строя.

Расчеты с помощью пакета динамического моделирования VisSim позволили установить, что на некоторых режимах пуска ОГП давление нагнетания может в два раза превышать значение установившегося режима. Наиболее эффективным средством снижения колебаний давления является увеличение времени регулирования рабочего объема насоса, а снижение объемного модуля упругости, увеличение объема РЖ в трубопроводе, и момента инерции вращающихся масс способствуют ухудшению динамических характеристик. В тоже время моделирование влияния снижения КПД насоса и гидромотора при эксплуатации ОГП не выявили различий в динамических процессах.

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В СЕТЯХ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Мараховский М.Б., Гасюк А.И. Медведев М.Е.

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

В связи с возрастанием цен на энергоносители и стремлением Украины к энергетической независимости, нами была разработана система мониторинга на основе концепции минимального энергопотребления зданий и сооружений. При этом мы учитывали действующие нормы и стандарты ЕС, а так же обеспечение комфортных условий в помещении, как основную задачу работы системы.

Разработанная система предполагает наличие как пассивных методов энергосбережения (утепление фасадов, цоколей, крыш, установленные энергосберегающих стеклопакетов, наличие утепленной крыши), так и активных (работа системы регулирования) методов. В силу этого, разработанная нами программа рассчитывает фактический класс энергоэффективности здания. Затем, в процессе эксплуатации системы, осуществляется постоянный мониторинг – соответствует ли действительный класс задания проектному или нет. Если такого соответствия нет, то система применяет алгоритмы нейронных сетей для того, чтобы проанализировать данные с датчиков и выдать предполагаемый перечень проблем, которые привели к изменению класса здания.

Программа построена на основе SOLID принципов объектно-ориентированного программирования, в силу чего она легко изменяется и модифицируется. Постоянно пополняемая база данных позволяет алгоритмам нейронной сети продуцировать новое поведение объектной модели, а так же позволяет составить фактический энергетический паспорт и сертификат здания.

Модульная структура системы позволяет гибко выбирать те решения, которые необходимы в конкретном исполнении здания (выбор количества датчиков температуры, потока, давления, CO₂-газоанализаторов, датчиков ветра, уровня, вибрации и т.д.), а так же работу системы затенения, вентиляции и кондиционирования и т.д. Более того, единый блок контроллера позволяет расширять систему в процессе эксплуатации, а несколько систем передачи данных делают систему универсальной с точки зрения подключения различных периферических устройств.

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕЙ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Мараховский М.Б., Медведев М.Е.

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

В докладе рассмотрено современное состояние сетей распределения энергоресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) административно-территориальной единицы. Выявлены причины их низкой энергоэффективности, источники потерь энергоресурсов. Определен круг задач, решение которых приведет к снижению потерь, повышению энергоэффективности работы инженерных сетей и улучшению технического состояния энергетического оборудования.

Комплекс технических и организационных мероприятий, который может быть использован в инженерных сетях коммунального хозяйства, приведет к существенному повышению энергоэффективности работы систем. В основе заложена система мониторинга работы инженерных систем и принципы энергетического менеджмента территориально-административной единицы, для создания которой предусмотрен ряд обязательных пунктов:

1. Формулирование целей энергоменеджмента.
2. Мониторинг текущего состояния энергетического хозяйства.
3. Обеспечение профессиональными кадрами (энерго-менеджерами) и др.
4. Организация обучения и консультационной поддержки.
5. Обеспечение энергоменеджера современными системами мониторинга инженерных систем.
6. Разработка схемы и организация контроля качества и количества энергоуслуг, объемов потребления энергоресурсов и качества их поставки.
7. Выбор методов сбора и анализа данных, расчет нормативных показателей потребления энергоресурсов и расчет их экономии.

Автоматизированная система мониторинга использования энергетических ресурсов в сетях коммунального хозяйства, разработанная нашими специалистами, позволит повысить энергоэффективность работы сетей и избежать не целесообразных расходов.

КОЛЕСО З ПІДВИЩЕНИМ ДЕМПФІРУВАННЯМ

Маслієв А.О., Дущенко В.В.

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

Актуальним питанням сучасного транспортного машинобудування є поліпшення плавності руху за рахунок підвищення ефективності демпфірування коливань підресореного корпусу. Це зменшить поштовхи та удари, які діють на транспортний засіб при русі по дорожньому профілю нерівностей та викликають втому екіпажу і зниження працездатності.

Збільшити демпфірування можна у вузлах підвіски, а саме у амортизаторах, а також шляхом використання демпфірування у рушії, тобто самому колесі транспортного засобу.

Проведено аналіз відомих зразків коліс, які мають підвищене демпфірування. Розглянуті колеса мають такі недоліки, як значне ускладнення конструкції ходової частини, що не забезпечує ефективного демпфірування коливань транспортного засобу.

Метою роботи є створення колеса транспортного засобу, що позбавлене згаданих недоліків, тобто має підвищене демпфірування та не критично ускладнює будову ходової частини.

Задача вирішується наступним чином. Наповнена повітрям шина за допомогою свердловин, трубопроводу, який розділяється на вхідну та вихідну частини з впускним та випускним патрубками на кінцях, з'єднана із розташованим зовні колеса додатковим резервуаром. На ході стиснення шини, повітря надходитиме від порожнини шини через впускний клапан та дросель у впускному патрубку, що розташований по дотичній до стінки резервуара та під кутом до його повздовжньої осі у додатковий резервуар. Це створить у ньому вихор у вигляді спіралі, який притискається до стінок додаткового резервуара завдяки ефекту прилипання струменя і відцентрових сил, та забезпечує зменшення товщини приграничного шару повітря біля стінки і збільшує теплопровідність стінки. Це сприяє відведенню від повітря теплової енергії, у яку перетворилася механічна енергія коливань, витрачена на стискання повітря у шині. При зворотному ході, охолоджене повітря, яке концентрується усередині вихору, через випускний патрубок у середині додаткового резервуара, (отже й у середині вихору), надходить через випускний клапан, трубопроводи та свердловини до порожнини шини у тій же кількості, але з меншим об'ємом, бо воно стало охолодженим. Завдяки цьому, на зворотному ході зменшується (у напрямку до номінального) тиск у порожнині шини, та відповідно, зменшується амплітуда відбою, тобто демпфірування коливань зростає. Це поліпшує плавність руху, та дозволяє спростити конструкцію шляхом виключення гасителів коливань. За результатами проведених досліджень отримано Патент України на корисну модель.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЪЕМА ПРИПУСКА ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ КОЛЕС С ЭКВИДИСТАНТНЫМИ ЛИНИЯМИ ЗУБЬЕВ НА РАЗЛИЧНЫХ НАЧАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Мироненко А.Л., Гуцаленко Ю.Г., Мироненко С.А.

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

Стремительное развитие современного рынка требует от промышленности изделий, обладающих новыми функциональными возможностями, сокращения времени на их выпуск, обеспечения управления качеством выпускаемой продукции и контроля жизненного цикла в период эксплуатации.

Расширение функциональных возможностей продукции сопряжено с усложнением ее конструктивных элементов и увеличением их количества. Это приводит к снижению надежности, большим затратам времени на их проектирование и усовершенствование. Существенной проблемой является отсутствие набора стандартных инструментов в CAD/CAM системах для создания сложных многопараметрических поверхностей, повторяющих модели формообразования механической обработкой. Причиной ограничений является метод создания модели на базе эскизов, лежащих в плоскостях.

Для решения проблемы используются фундаментальные разработки в области геометрического моделирования механической обработки, внедренные в CAD/CAM системы, например теория многопараметрических отображений, предложенная проф. НТУ «ХПИ» Перепелицей Б.А. Разработано частное решение для моделирования формообразования конических колес с эквидистантной линией зубьев дисковыми фасонными фрезами. Данная модель представляет совокупность описаний инструмента, конической заготовки, начальной установки и кинематических операций. Геометрическая модель сплошного тела (см. рис. 1), ограниченного фасонной инструментальной поверхностью вращения, получена однопараметрическими отображениями (1).

$$\bar{r}' = \bar{\rho} \bar{\mu} \quad (1)$$

где $\bar{\rho} = f(\mu)$ – дискретный параллельный перенос прообраза по оси X_2 ;

$\bar{\mu}$ – дискретный поворот полученной точки вокруг оси Z_2 на угол μ .

Можно сделать вывод, что впадины между зубьями конических колёс с постоянным нормальным шагом могут быть получены как огибающие однопараметрического семейства производящих поверхностей вращения. Предложенная методика 3D моделирования позволяет связать процесс формообразования с определением параметров съёма припуска.

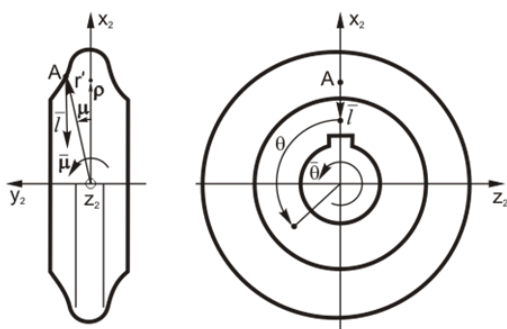


Рисунок 1 - Модель тела вращения, ограниченного инструментальной поверхностью

ESTIMATED STUDY OF SPATIAL FLOW IN THE FLOW PART OF THE HIGH-PRESSURE FRANCIS TURBINE

Mironov K.A., Oleksenko Yu.Yu., Mironov V.K.

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

Improving the flow parts of the hydro turbine is based on conducting extensive numerical investigations, during which the search for the most rational variants. The basis of this research is the multivariate numerical analysis of the influence of geometric and operating parameters on the energy performance of the hydro turbine. To solve this problem, both simplified flow models and a more complex kinematic flow description using quasi-three-dimensional and three-dimensional fluid flow models are used.

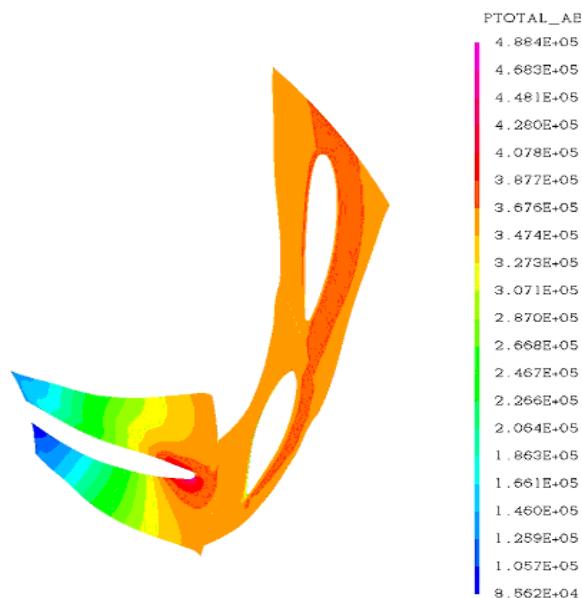


Fig. 1. Isolines of total pressure in the middle part of blade systems

Numerical simulation of the flow in the flow parts of the hydro turbine Fr500 was carried out for the design area, including the intervene channel formed by stator columns, shoulder guide vanes, runner blades and draft tube for a model with a diameter runner $D_1=500$ mm.

The obtained results of the calculation of the spatial flow are presented in the form of averaged values of the total and static pressures of flow, averaged flow angles in relative and absolute motion, and values of losses in individual elements of the flow parts. For runner at a mode point with minimal total losses close to optimal, a static and

total pressure field in the computational domain, the distribution of the components of the meridional and peripheral components of the full velocity before entering and output the runner, as well as the trajectory of fluid particles in draft tube.

The pressure continuously decreases along the meridional direction from the entrance to the stator to the exit from runner, as can be seen from fig. 1. The pressure becomes negative at the exit from the runner due to the influence of the draft tube.

Analysis of losses in the supply shows that the greatest energy losses occur in the guide vanes. Losses in the spiral case and in the stator constitute no more than one third of the losses of the guide vanes. The total losses in the supply change smoothly with increasing flow and have a minimum, in absolute values up to 65% of all hydraulic losses in the flow parts, which is a characteristic feature of high-pressure Francis turbine.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КОЛЁСНОГО РЕДУКТОРА НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ТЕХПРОЕКТА

Музыкин Ю.Д.¹, Гайдамака А.В.¹, Макогон Е.А.²

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ²Военный институт танковых войск НТУ «ХПИ», г. Харьков

В отличие от силовых механических передач общего назначения, в которых реализуется принцип экономической оптимизации, в мобильных машинах совершенство привода оценивается относительной массой, приходящейся на единицу крутящего момента. Различие в подходах при оценке технического уровня механических передач объясняется спецификой требований, выдвигаемых при эксплуатации машин. В стационарных машинах весовые характеристики привода не лимитированы, в то время как в мобильных машинах они являются определяющими. В докладе рассматриваются пути снижения металлоемкости колесного редуктора, являющегося наиболее нагруженным элементом трансмиссии.

Для колесного редуктора, технический уровень которого должен быть максимально высоким, необходимо определить его весовую характеристику, а также требования к активной поверхности зубчатого зацепления. Для нахождения физико-механических и геометрических характеристик зубчатых колес, обеспечивающих заданную массу редуктора, рассмотрена многопараметрическая зависимость, устанавливающая эту связь применительно к высшим кинематическим парам. Оценив влияние каждой переменной на массу редуктора, а также сопоставив технологические возможности производства и границы варьирования переменных, устанавливаются их оптимальные значения. Для решения поставленной задачи используется метод последовательных приближений, при котором на каждом шаге вносятся необходимые корректировки в исходные данные. Число итераций в процессе решения регламентируется погрешностями производства при изготовлении редуктора.

В качестве параметров, влияющих на металлоемкость колесного редуктора, приняты: марка стали, учитывающая условия эксплуатации зубчатого зацепления; химико-термическая обработка, формирующая физико-механические характеристики активной поверхности элементов сопряжения; геометрия косозубого цилиндрического колеса, влияющая на контактные напряжения в рабочей зоне сопряжения.

Предложенная методика тестировалась применительно к условиям работы колесного редуктора бронетранспортера БТР-4 для параметров трансмиссии с дизельным двигателем ЗТД-3А мощностью 500 л.с. Полученные результаты полностью совпадают с характеристиками косозубых цилиндрических колес взятого аналога, что подтверждает достоверность предлагаемой методики. Реализация предложенной методики расчета на стадии разработки технического проекта позволяет получить требуемый технический уровень редуктора по параметру относительной массы.

ТЕРМОСТАТИРОВАНИЕ СМАЗКИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В УНИВЕРСАЛЬНЫХ ШПИНДЕЛЯХ СЛЯБИНГА 1150

ПАО «ЗАПОРОЖСТАЛЬ»

Музыкин Ю.Д., Гайдамака А.В., Татьков В.В.

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

Внедрение новых перспективных разработок в существующие технологические процессы возможно при условии создания инновационных решений, адаптированных к конкретным требованиям производства. Применительно к прокатному оборудованию одной из таких разработок является термостатирование смазочных жидкостей, используемых в узлах трения универсальных шпинделей. Особенно эта проблема актуальна для слябингов, в которых крутящий момент достигает до 3 Мнм, а угол наклона до 10°. Учитывая большую протяженность гидравлических линий централизованных систем смазки, а также значительные колебания температур окружающего воздуха, вязкость смазки может существенно изменяться. Это приводит как к нарушению работы опорных узлов, так и снижению надежности всего силового привода.

Рабочими узлами, требующими дозированной смазки для горизонтальных универсальных шпинделей слябингов, являются подшипники ПЖТ и опоры в шарнирах Гука. Для поддержания требуемого расхода масла через регулируемый дроссель указателя потока необходимо термостатирование смазочной жидкости. Предложено два способа реализации этого условия: в гидробаке, посредством установки маслонагревательной перегородки, и непосредственно перед точкой смазки, за счет нагрева масла в указателе потока. В обоих случаях в качестве нагревательных элементов использована позисторная керамика, которая за счет линейной связи между собственной температурой и сопротивлением керамического элемента автоматически регулирует изменение силы тока. В результате возникает термодинамическое равновесие, позволяющее обеспечить эффект саморегулирования нагревательного устройства.

Апробация предложенных маслонагревателей проведена на гидростанции циркуляционной смазки Ж-3, расположенной в обжимном цехе и предназначенной для смазки горизонтальных универсальных шпинделей главного привода слябинга 1150 ПАО «Запорожсталь». На станции были установлены: в баке – нагревательная перегородка ПБМНПТ, выполненная в виде коробчатой конструкции с тремя радиаторными пластинами, на каждой из которых расположено четыре позисторных нагревательных элемента ПНЭ; перед каждой из двенадцати точек смазки в зависимости от расхода нагрев производился либо непосредственно в корпусе указателя потока УПД-Т, либо в малогабаритном нагревателе проточного типа МНПТ. Результаты испытаний подтвердили эффективность предложенного способа термостатирования и поэтому гидростанция Ж-3 может быть использована в качестве базовой модели для смазки любых узлов трения прокатного оборудования.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСІВ МЕХАНО-СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Набока О.В.

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

Актуальним завданням машинобудівного виробництва є автоматизація процесів збирання і механічної обробки.

Рішенням цих питань є створення автоматизованого виробництва високоточних виробів без додаткових витрат пов'язаних з підгонкою деталей у виробі, при наявності прямих і зворотних інформаційних зв'язків між системами управління складальним, металорізальним і контрольно-вимірним обладнанням з метою забезпечення 100% гарантії збирання виробу з виготовлених деталей при мінімальному терміні виробничого циклу.

З цією метою паралельно з формоутворенням деталей реалізується віртуальний складальний процес виробу, в якому можуть бути присутніми як реальні розміри вже виготовлених деталей, так і віртуальні розміри поверхонь деталей які належить створити (рис.1).

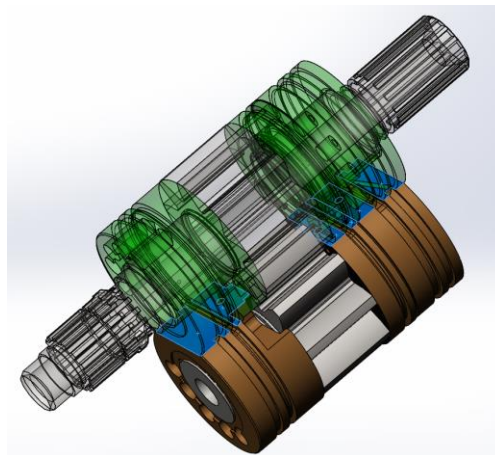


Рисунок 1 – Площини що сполучаються в імітаційній моделі

Висновки: На основі імітаційного моделювання механоскладального виробництва становлять умови коригування реальних розмірів поверхонь деталей при їх обробці, що дає можливість збирання високоточних виробів без підгонки та селективного відбору.

Література:

1. Кравченко Л.С. Розмірний аналіз при проектуванні, виготовленні й складанні [Текст]: навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] /Л.С. Кравченко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 356с.
2. Шелковий О.М., Фадєєв В.А., Набока О.В. Підвищення ефективності зборки складних машинобудівних виробів на засадах інтеграції механоскладальних операцій //Високі технології в машинобудуванні: зб. наук, праць / Під заг. ред. проф. О.М. Шелкового, редкол.: проф. І.М. Пижов (голова) та ін. – Харків, НТУ "ХПІ", 2018. - Вип. 1 (28). - С.192 – 205.
3. Шелковой А., Клочко А., Набока Е. Имитационное моделирование в задачах механосборочного производства /Авторы: Шелковой А., Клочко А., Набока Е. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 528 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОБУДУВАННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

Немченко В.А., Євсюкова Ф.М.

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

При використанні верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані пристосування, спеціалізований різальний інструмент і, нарешті, вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, які забезпечують взаємозамінність оброблених деталей.

Спеціалізовані пристосування являють собою поєднання універсальних пристосувань з додатковими або змінними пристроями, призначеними для обробки серії заготовок певної конфігурації та розмірів. Ці пристосування широко використовуються в умовах серійного виробництва при обробці схожих по конфігурації і розмірам заготовок і дозволяють швидко переналадити верстат для обробки заготовок різних найменувань.

Спеціалізовані пристосування складаються з двох частин: універсальної і змінної. Універсальна частина пристосування є постійною і складається з корпусу, приводу і т. д. Змінна частина складається зі змінних елементів, що виготовляються відповідно до форм і розмірів групи деталей, оброблюваних в даному пристосуванні.

Метою роботи є підвищення ефективності обробки деталей машинобудування за рахунок використання спеціалізованого пристосування.

Показано, що спеціалізовані пристосування забезпечують базування і закріплення типових по конфігурації заготовок різних розмірів в заданому діапазоні. Спеціалізовані пристрої забезпечують оснащення операції при обробці деталей, які згруповані за конструкторськими ознаками і схемами базування компонування, за схемою агрегативання яка являє собою базову конструкцію корпусу зі змінними наладками для груп деталей.

Розглянуто методику компонування спеціалізованого пристосування для токарних верстатів. Для установки і закріплення заготовок по зовнішньому діаметру застосовується дво- і трикулачкові патрони з використанням змінних кулачків. В таких патронах змінні кулачки сполучаються з основними кулачками патрона через шпонковий виступ і паз і фіксуються гвинтами.

Використання спеціалізованого пристосування збільшило точність обробки типового деталі представника за рахунок правильної орієнтації деталі та ріжучого інструменту, розширило технологічні можливості обладнання, збільшило продуктивність праці завдяки скороченню допоміжного часу та скоротило витрати часу за контролем деталі.

ПОТЕНЦІЙНИЙ РОЗВИТОК МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ В НАПРЯМКУ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДУСТРІЇ 4.0

Норик Е.В., Добротворський С.С.

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

Для попередження ліквідації та підвищення конкурентоздатності вітчизняних високотехнологічних сегментів промисловості, перш за все машинобудування, виникає потреба залучення їх до світових тенденцій розбудови Індустрії 4.0. Потенційно революційний вплив цієї тенденції є безпосереднім продовженням трьох попередніх промислових революцій.

Передові вітчизняні машинобудівні підприємства знаходяться на рівні 3.0, але варто зауважити, що не весь потенціал Технологій 3.0, таких як MES системи, робототехніка, хмарні обчислення отримав розвиток та використання в організаційно-технічній структурі підприємств.

В рамках Індустрії 4.0 трансформація підприємств прагне до їх постійного розвитку, здатності до гнучкості, готовності швидко та неперервно адаптуватися до змін та потреб споживачів. Концепція гнучкого підприємства націленого на постійний розвиток окрім таких структурних областей, як ресурси, інформаційні системи, культура та організаційна структура, застосовується також до функціональних областей таких як розробка, виробництво, логістика, обслуговування, маркетинг та продаж.

Традиційні підходи до проектування звільняють місце для усвідомлення того, що не всі вимоги відомі на початку розробки, все більшого розповсюдження отримує концепція продукту, який продовжує змінюватися залежно від нових вимог та автоматизованих запитів на зміни протягом етапу розробки та навіть після початку використання продукту, оскільки дані відносно його експлуатації забезпечують наявність вхідних параметрів для наступної цілеспрямованої розробки та вдосконалення продукту.

Тоді як в минулому проектування та виробництво входили до ланцюга послідовних процесів, тепер вони утворюють одне ціле, що сприяє значним покращенням відносно гнучкості та загального часу виробничого циклу. За допомогою адитивного виробництва в проектуванні утворюється менша кількість обмежень та стає можливою їх оптимізація відносно мети, так зміни до проекту вносяться, не потребуючи втілення довготривалих процесів.

В сумісній роботі спеціалістів з обробки даних та експертів з технологічних процесів з аналізу даних пропонується використання японських методів забезпечення якості, таких як причинно-наслідкова діаграма (Ісікави) для встановлення показників якості, стану машин та обладнання та відповідності технологічних параметрів очікуваному рівню якості продукту.

Отже, впроваджуючи сучасні технології – 3D-проектування, моніторинг у реальному часі та просунуту аналітику даних, вітчизняні машинобудівні підприємства мають змогу зайняти лідируючі позиції на світовому рівні.

Література:

1. Шу, Г., Андерл, Р., Гауземайер, Ю., тен Хомпель, М., Вальстер, В. (и др.): Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний (acatech ИССЛЕДОВАНИЕ), Munich: Herbert Utz Verlag 2017.

ПОСТІЙНИЙ РЕЖИМ РУХУ ВІЗКА КАБЕЛЬНОГО КРАНА З ВАНТАЖЕМ

Окунь А.О.

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

Постійний рух системи, коли візок рухається з номінальною швидкістю, а вантаж здійснює вільні коливання, описується системою рівнянь

$$\begin{cases} a_1 \ddot{x}_1 + a_2 \ddot{x}_2 + gk_2 x_1 = R_{ij}, \\ \ddot{x}_2 + a_3 (x_2 - x_1) + a_4 (\dot{x}_2 - V) = 0 \end{cases}$$

для випадку пересування проти вітру на спуск за умови, що $\dot{x}_2 = 0$ [1].

Після застосування методу перетворення Лапласа можна записати

$$\begin{cases} a_2 (p^2 X_2 - x_{20} p - \dot{x}_{20}) + gk_2 X_1 = L(R_{ij}), \\ \left((p^2 X_2 - x_{20} p - \dot{x}_{20}) + a_3 (X_2 - X_1) + a_4 \left(pX_2 - x_{20} - \frac{V}{p} \right) \right) = 0. \end{cases}$$

За таких умов рівняння полюсів системи, враховуючи вищезазначені положення та послідовні перетворення, буде мати наступний вигляд

$$S_{01}(p) = (b_{011}^+ p_0^2 + b_{012}) + a_{04} b_{021} p_0.$$

Звідки маємо

$$Q_1(t_0) = e^{-\delta_1 t_0} \frac{\sin \omega_1 t_0}{\omega_1},$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{g}{l} \right)^2 x_{21}(t_0) = & -R_{ij} \left(\frac{g}{l} \right) Q_1^{(2)}(t_0) + (gk_2 x_{20} - a_4 a_2 \dot{x}_{20} + a_4 a_2 V - a_4 R_{ij}) \left(\frac{g}{l} \right)^{0,5} Q_1^{(1)} + \\ & + gk_2 a_4 V \left(\frac{g}{l} \right)^{-0,5} \int_0^{t_0} Q_1(\tau) d\tau + (gk_2 (a_4 x_{20} + \dot{x}_{20})) Q_1(t_0), \end{aligned}$$

де
$$Q_1(t_0) = e^{-\delta_1 t_0} \frac{\sin \omega_1 t_0}{\omega_1}, \quad Q_1^{(1)}(t_0) = e^{-\delta_1 t_0} \frac{(-\delta_1 \sin \omega_1 t_0 + \omega_1 \cos \omega_1 t_0)}{\omega_1},$$

$$Q_1^{(2)}(t_0) = \frac{e^{-\delta_1 t_0}}{\omega_1} \left((\delta_1^2 - \omega_1^2) \sin \omega_1 t_0 - 2\delta_1 \omega_1 \cos \omega_1 t_0 \right).$$

$$\begin{aligned} \int_0^{t_0} Q_1(\tau) d\tau &= \frac{1}{\omega_1} \int_0^{t_0} e^{-\delta_1 \tau} \sin(\omega_1 \tau) d\tau = -\frac{e^{-\delta_1 \tau}}{\omega_1 (\delta_1^2 + \omega_1^2)} (\delta_1 \sin \omega_1 \tau + \omega_1 \cos \omega_1 \tau) \Big|_0^{t_0} = \\ &= \frac{1}{\omega_1 (\delta_1^2 + \omega_1^2)} \left[\omega_1 - e^{-\delta_1 t_0} (\delta_1 \sin \omega_1 t_0 + \omega_1 \cos \omega_1 t_0) \right]. \end{aligned}$$

Таким чином, отримано функції, за якими здійснюється керування, у просторі оригіналів для постійного режиму руху візка з вантажем.

Література:

1. Григоров О.В. Оптимальне керування рухом вантажопідйомних машин: навч. посібник / О.В. Григоров, В.С. Ловейкін. – Київ : ІЗМН, 1997. – 264 с.

КОМПОНОВКА МНОГОШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ПОД СПИЦЫ В ДЕТАЛИ КОРПУС ВТУЛКА

Пермяков А.А., Сеница В.А.

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

Цель данной работы являлась разработка технического предложения станка агрегатно-модульной конструкции для обработки группы отверстий под спицы в детали "Корпус-втулка". Обеспечение высокой производительности для данной детали обуславливает необходимость применения многошпиндельной обработки отверстий, образующих плотную укладку. В основу создания такого станка может быть положен принцип агрегатирования, при котором станок комплектуется из самостоятельных функциональных сборочных единиц путем объединения их в единый комплекс с общей системой управления и контроля. Причем в качестве силовых узлов, узлов транспортирования заготовки и элементов несущей системы станка возможно использовать унифицированные (покупные). а оригинальные (многошпиндельные насадки и установочно-зажимные приспособления) спроектировать под конкретную деталь.

В ходе выполнения работы разработана компоновочная схема и многошпиндельные узлы многопозиционного станка, позволяющие обрабатывать одновременно шесть отверстий на позиции обработки. Основную сложность составляла задача снятия фасок в отверстиях с обратной стороны буртика корпуса-втулки. Было принято решение вести обработку многошпиндельной насадкой с наклоном в 15 градусов осей шпинделей к оси детали. Были проведены расчеты режимов резания и сил, действующих на заготовку во время обработки, исходя из которых подбирались приводы главного движения и подачи для многошпиндельных узлов станка. Выполнена конструкторская разработка оригинальных многошпиндельных насадок. Сконструировано специальное установочно-зажимное приспособление и выбран поворотный-делительный стол для их установки. В результате получена 3Д модель компоновки многопозиционного многошпиндельного агрегатного станка с круговым транспортированием заготовки.

Литература:

1. Ito Yoshimi. Modular Design for Machine Tools. - McGraw-Hill, 2008. — XXIV, 504 p..
2. Шпиндельные узлы агрегатных станков / Н.М. Вороничев [и др.]. – Москва «МАШИНОСТРОЕНИЕ», 1983. – 178 с.
3. Вразов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: (Основы компонентики) – М.:Машиностроение, 1978. – 208 с.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ЗА РАХУНОК ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Полуян І.О., Басова Є.В., Добротворський С.С.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Інтенсифікація технологічних процесів та підвищення ефективності технологічного обладнання у машинобудуванні є однією з пріоритетних задач направлених на пошук оптимальних технічних рішень. Основою підвищення якості продукції, збільшення продуктивності та зниження енерговитрат на проведення різноманітних технологічних процесів на сьогоднішній день стало впровадження нових технологій багатолезвійної обробки матеріалів.

Із аналізу сучасних технологій механічної обробки встановлено, що високошвидкісне фрезерування (ВШФ) науковці та виробники виділяють як найперспективнішу, це обумовлено тим, що при реалізації такої технології обробки може досягатися висока частота обертання, а це, в свою чергу, забезпечує зняти великої кількості матеріалу за короткий проміжок часу. Слід зазначити, що оптимальні технологічні режими ВШФ є різними для відмінних матеріалів. Так наприклад, при обробці алюмінієвих сплавів ефективність технологічного процесу забезпечується за рахунок десятикратного збільшення швидкості різання при досить великій площі перетину зрізу, поєднаного з таким же збільшенням швидкості подачі інструменту по як завгодно складній траєкторії. Додатковий ефект забезпечує можливість виготовлення складних деталей цільними і обробку їх на одному верстаті, що дає економію не тільки часу і інструменту, але і зменшує масу деталей. Аналіз досліджень показав, що обробка алюмінієвих сплавів може представляти певні складності такі як: пошкодження поверхні, порушення в геометрії деталі, схильність до налипання стружки, поява наросту та проблеми з відводом стружки. Тому проблема вивчення технології високошвидкісного фрезерування алюмінієвих сплавів для інтенсифікації технологічних режимів обробки у машинобудуванні є актуальною. На сьогоднішній момент існує необхідність у реалізації якісної обробки деталей зі зниженою жорсткістю із спеціальних матеріалів (алюмінію), які використовуються у машинобудуванні. Для таких деталей пропонується використовувати метод половинного перекриття для досягнення мінімальної шорсткості поверхні. Однак такий тип матеріалів має властивість коробитися по сплину деякого часу після обробки. Тому інтерес складається у дослідженні зміни характеру залишкових напружень у матеріалі після застосування запропонованого методу. З ціллю рішення даної проблеми, пропонуємо розробити шляхи прогнозування механізму короблення деталей зі зниженою жорсткістю із алюмінієвих сплавів, що застосовуються у машинобудуванні.

Реалізація даного проекту дозволить розробити конкурентоспроможну технологію обробки деталей зі зниженою жорсткістю зі спеціалізованих матеріалів, що застосовуються в машинобудуванні із урахуванням можливості інтенсифікації технологічних режимів обробки у межах технології високошвидкісного фрезерування.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАТОК С УЧЕТОМ ИХ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ

Пониделко А.А, Басова Е.В., Кононенко С.С., Добротворский С.С.

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

Одной из наиболее ответственных деталей турбины является лопатка. Изготовление лопаток связано с рядом трудностей: сложностью геометрической и пространственной формы профиля, высокими требованиями по точности изготовления, шероховатости и высокой трудоемкостью. Проблемой при использовании обрабатывающих центров для изготовления сложнопрофильных поверхностей лопатки является: изменяющиеся силы резания, что приводит к вибрациям, деформациям и перемещениям участков заготовки (прогибам); жесткость лопатки, в системе СПИЗ из-за геометрии профиля и установки в приспособлении очень низкая, что так же влияет на деформацию и перемещения участков заготовки (прогибы) в процессе фрезерования; для сложнопрофильной высокоскоростной обработки (ВСФ) твердосплавными фрезами и пластинами характерно применение углов наклона и атаки оси вращения фрезы, значения которых в основном устанавливаются исходя из опыта и подбора режимов резания.

Целью данной работы – анализ путей решения технологических проблем изготовления лопаток на производстве, с учетом их переменной жесткости. Для достижения цели необходимо решить такие задачи: разработка матмодели процесса фрезерования, учитывающей изменение жесткости детали в процессе обработки, съем припуска, расчет сил резания и деформации при ВСФ заготовки; разработка метода компенсации неравномерного удаления припуска при фрезеровании маложестких сложнопрофильных деталей; на базе модели процесса ВСФ и свойств обрабатываемого материала, рассчитать силы резания, напряжения и деформации в обрабатываемой заготовке; исследовать влияния углов атаки и наклона оси вращения фрез в процессе ВСФ; на базе модели ВСФ твердосплавными пластинами разработать компьютерную программу, для расчета напряжений, деформаций и сил резания при фрезеровании сложнопрофильной заготовки.

Результатом работы является модель процесса фрезерной обработки, которая учитывает режимы резания, геометрию инструмента, характеристики материала заготовки, съем припуска и позволяет рассчитывать деформации, перемещения участков заготовки и силы резания. Кроме того, на базе модели разработанный способ управления траекторией движения инструмента, который позволяет учитывать в управляющей программе деформации обрабатываемой заготовки. В дальнейших исследованиях планируется провести экспериментальные исследования по изучению влияния углов наклона и атаки на величину проекций силы резания, подтвердить теоретические выводы, что позволит дать рекомендации по назначению данных углов при проектировании фрезерной обработки.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЭВОЛЮТНОМ ЗУБЧАТОМ И ЦЕПНОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМЫ AUTODESK FUSION

Протасов Р.В.¹, Устиненко А.В.², Андриенко С.В.³

¹ *Словацкий технический университет в Братиславе, г.Братислава*

² *Национальный технический университет*

«Харьковский политехнический институт»,

³ *Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков²*

Работа посвящена разработке методики построения 3D-моделей зубчатого и цепного эволютного зацеплений в САД-системе Autodesk Fusion и анализу их напряженно-деформированного состояния (НДС) при помощи метода конечных элементов (МКЭ) в САЕ-модуле Simulation, который содержится в САД-системе Fusion. Особенностью работы является то, что система Fusion автоматически сохраняет рабочие файлы (детали, сборки и чертежи) как на ПК пользователя, так и на бесплатном облачном хранилище компании Autodesk. При этом пользователь имеет гибкую систему управления внешним доступом к своим файлам, устанавливая определенные ограничения различным группам пользователей программы Fusion или сервиса Autodesk A360. Другой особенностью является анализ НДС на ПК пользователя или на бесплатном сервере компании Autodesk. Данный факт позволяет снизить требования к вычислительной мощности ПК. Также база данных с анализом НДС может быть доступна другим пользователям системы Fusion или сервиса Autodesk A360.

Координаты точек эволютного профиля могут быть получены численно во внешней программе MathCAD с последующим экспортом в систему Autodesk Fusion при помощи скрипта ImportSplineCSV, либо через разрешающее уравнение с использованием API в системе Fusion.

Для расчета контактных давлений и анализа НДС зубчатой пары использовались секторы шестерни и колеса, а для цепной передачи – сектор звездочки и одна втулка цепи.

Для зубчатой передачи расчет проводился при контакте в полюсе, для цепной – в момент входа ролика цепи в зацепление с зубом звездочки, однако при необходимости, используя полученные 3D-модели, можно проанализировать НДС в любом рабочем положении звеньев передачи.

Использование данного комплекса программ позволит создать как онлайн-базу готовых моделей эволютных передач, так и предоставить возможность другим инженерам оценивать их НДС, синтезировать новые типы эволютных передач, проводить моделирование погрешности в зацеплении и публиковать результаты на облачном хранилище.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ТЕЧІЇ В ЕЛЕМЕНТАХ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ВИСОКОНАПІРНОЇ ОБОРОТНОЇ ГІДРОМАШИНИ

Рєзва К.С., Дранковський В.Е., Ковальова К.В.

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

У сучасних умовах гідроенергетика є одним із важливих джерел електроенергії, так як у світі вона займає значну частину – близько 20 %. У розвитку відновлювальних систем енергозбереження вона відіграє важливу роль та забезпечує більше, ніж 70 % усіх світових відновлюваних джерел енергії. Стабільність роботи енергосистем, що мають в своєму складі генеруючі потужності блоків АЕС та ТЕС у поєднанні з розвитком сучасних вітрових та сонячних станцій, потребує наявності в складі енергетичного обладнання енергосистем маневрені потужності, що дозволяють оптимізувати їх роботу в нічні провали навантаження. Цим умовам відповідають високманеврені ГАЕС обладнані оборотними гідроагрегатами ефективність яких зростає з використанням високонапірних гідромашин від 200 м до 500 м.

В останні роки був досягнутий істотний прогрес у створенні методів моделювання і розрахунку течій рідини, які дозволяють виконувати розрахунок з настільки високою достовірністю отриманих результатів, що необхідний обсяг експерименту, в багатьох випадках, зводиться до мінімуму. Всі сучасні пакети програм вирішують питання механіки суцільного середовища, використовуючи моделі, побудовані на основі рівняння Нав'є-Стокса.

Програмний комплекс CFD використовується для моделювання тривимірних течій рідини і газу в технічних і природних об'єктах, а також візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки. З його допомогою були розглянуті варіанти проведення гідродинамічних розрахунків в елементах проточної частини високонапірних оборотних гідравлічних машинах. Процес вирішення поставлених гідродинамічних задач за допомогою програмного комплексу CFD включає в себе наступні етапи: створення тривимірної моделі досліджуваного об'єкта за допомогою системи автоматичного проектування; побудова розрахункової сітки з необхідними параметрами; вибір математичної моделі, яка найточніше описує робочий процес в проточних частинах гідромашин; вибір відповідної моделі турбулентності; завдання граничних умов. Проведені чисельні дослідження просторової течії рідини в проточних частинах оборотної гідравлічної машини в насосному і турбінному режимах роботи. Представлені результати розрахунків, а саме візуалізація потоку у вигляді полів розподілу швидкостей і тиску. Проведено аналіз збіжності результатів чисельного дослідження з експериментальними даними на основі порівняння значень гідравлічного ККД розглянутих гідромашин.

ОСНОВИ ПРОГНОЗУЮЧОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АЛМАЗНОГО ВИГЛАДЖУВАННЯ

Рязанова-Хитровська Н.В.

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

Виготовлення відповідальних деталей машин і приладів в сучасних умовах характеризується високими вимогами як до їх якості, так і надійності при експлуатації в різних умовах[1]. До цих деталей в першу чергу треба віднести колінчаті вали двигунів, деталі турбін, коробок передач, підшипників та ін. Це вимагає впровадження нових конструкційних та інструментальних матеріалів, а також ефективних технологій виготовлення з урахуванням фактору економічності та екологічного аспекту. До таких технологій в повній мірі можна віднести процес алмазного вигладжування, який є різновидом пластичного деформування поверхонь заготовок. Він базується на використанні унікальних фізико-механічних властивостей алмазу, який служить робочим елементом спеціального інструмента (вигладжувача). Цей процес дозволяє управляти величинами контактних напружень в зоні обробки і тим самим цілеспрямовано формувати потрібний рівень шорсткості обробки та поверхневих залишкових напружень, які безпосередньо впливають на працездатність виробів. У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на розробку концепції прогнозуючого моделювання методом скінчених елементів для встановлення взаємозв'язку між умовами алмазного вигладжування і зносостійкістю оброблених поверхонь в реальних умовах експлуатації, слід вважати актуальними і важливими для різних галузей промисловості.

Тому метою роботи є розробка основ прогнозуючого моделювання процесу алмазного вигладжування поверхонь деталей методом скінчених елементів на базі встановлення особливостей формування 3D напружено-деформованого стану зони контакту інструмента з деталлю.

Результати передбачених досліджень щодо розробки основ прогнозуючого моделювання процесу алмазного вигладжування поверхонь деталей методом скінчених елементів у перспективі дозволять доповнити теорію обробки матеріалів новими актуальними знаннями, поява яких стане можливою багато в чому за рахунок раціонального поєднання експериментальних досліджень з фізичними уявленнями про процес, що розглядається. Це може дати не тільки сумарний, а й несподіваний позитивний ефект щодо підвищення ефективності процесу алмазного вигладжування в цілому.

Література:

1. *Торбило В.М.* Алмазное выглаживание [Текст] / В.М. Торбило. – М.: Машиностроение, 1972. – 105 с.

МАКЕТ МОСТОВОГО КРАНУ З КЕРУВАННЯМ ВІД МІКРОПРОЦЕСОРА

Свіргун В.П., Свіргун В.В., Молотова М.В., Мікуляк С.І.

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

На кафедрі підйомно-транспортних машин і обладнання НТУ «ХПІ» закінчуються пуско-налагодочні роботи по створенню автоматизованого макету мостового крану, що керується мікроконтролером МКП-1. Мета досліджень – забезпечити пересування мосту або візка в автоматичному режимі з повним усуненням коливань вантажу в заданій точці з мінімізацією тривалості перевантажувального циклу. Ця мета досягається шляхом відпрацювання ланцюга дій: розгін-сталий хід-гальмування-розгін-гальмування. Причому, суттєвою відмінністю нашого підходу до вирішення поставленої задачі від наших конкурентів в Україні, Німеччині, Японії полягає в тому, що ми відмовляємося від усунення коливань вантажу при розгоні візка, тим самим не гаємо на це час, але цим значно ускладнюємо задачу на завершальному етапі циклу, коли треба буде зупинити візок без коливань вантажу при початкових ненульових фазових координатах. Таким чином, нам знадобиться для кожної відстані, на яку пересувається візок, розрахувати свій власний закон оптимального керування. Але ми свідомо йдемо на це ускладнення саме тому, щоб отримати дійсно мінімальну, з усіх можливих варіантів, тривалість перевантажувального циклу, а в кінцевому результаті – максимальні виробність крану і економічний ефект. Тривалість кожного етапу встановлюється завдяки спеціальній програмі, яка знаходить оптимальний за швидкодійністю варіант керування для конкретних параметрів крану, який потім реалізує мікроконтролер. Кожен етап перевантажувального циклу відпрацьовується з точністю 0,01с. Подолана технічна перешкода, яка полягає в тому, що за паспортом мікроконтролера МКП-1 мінімальна дискретна часу складає 0,1с, а треба не менш 0,01с. Це досягнуто шляхом складання спеціальної програми, яка навантажує процесор саме на 0,01с, і вона використовується для корекції тривалості кожного етапу перевантажувального циклу.

У випадку успішних випробувань буде реалізована демонстраційна програма пересування сталеві кулі (на канаті висить електромагніт) від точки до точки. Місцями завантаження-розвантаження служитимуть кришталеві чарки, які миттєво розіб'ються у випадку, якщо не буде усунено коливання вантажу після зупинки мосту або візка крану. Автори цих тез безпосередньо приймають участь у цьому проекті.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ АСОРТИМЕНТУ ПРОДУКТІВ НА СКЛАДІ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ПРОГРАМИ

**Саленко Д.Д.¹, Балог М.², Добротворворський С.С.¹, Басова Є.В.¹,
Добровольська Л.Г.¹**

**¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків
²Технічний університет міста Кошице, м. Кошице**

Ефективне функціонування будь-якої організації в першу чергу залежить від злагодженої діяльності всіх його підрозділів, починаючи від відділу закупівель і закінчуючи відділом розподілу готової продукції. Склади є важливим підрозділом, який відповідає за ефективне зберігання і переміщення запасів компанії. І якщо складським процесам не приділяється належної уваги, то нестабільність їх роботи може негативно позначитися на загальній ефективності компанії. В умовах конкуренції, що загострюється, рівень технічного оснащення складу зумовлює такі критично важливі параметри, як час і технологічність обробки вантажів. Ефективно організована складська діяльність позитивно позначається на скороченні логістичних витрат підприємства. Інновації та інноваційне обладнання в ланцюгах поставок дозволяють знизити ймовірність появи помилок в логістичній системі.

Підприємства прагнуть знизити до мінімуму витрати на складське зберігання і переробку вантажів. З метою залучення клієнтів підприємства підвищують якість їх обслуговування і разом з тим роблять все можливе для зниження складських витрат. Очевидно, що для виконання цих вимог потрібні кардинальні зміни технології складських операцій, заснованих на застосуванні сучасного обладнання, технологій і ефективному менеджменті.

Варіантом ефективного використання технологій і менеджменту продуктів є зручна і проста у використанні програма, яка використовує єдину базу даних продуктів, що має дані про наявність і розташування продуктів в складських приміщеннях, а також пишуча статистику, на основі якої програма матиме можливість підказати (або вирішити за) працівника завдання розміщення певного товару в певній частині складу.

Метою написання даної роботи є підвищення ефективності використання складів за рахунок написання і використання такої програми. Пропоноване програмне рішення базується на симбіозі роботи програмної технології Spring, об'єктно-орієнтованої мови Java, та комбінації з реляційної та нереляційної систем керування базами даних.

Результатом роботи стало створення програмного коду пропонованого програмного забезпечення для обліку, контролю та ефективного використання складських приміщень та представлення інструкції з експлуатації для споживача.

У перспективі планується вдосконалення програми шляхом реалізації зручного програмного інтерфейсу, а також візуалізації складських приміщень автоматичного вибору розміщення продуктів в залежності від актуальних факторів.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНІ ПЛАЗМОЕЛЕКТРОЛІТНИХ ПОКРИВІВ

Севидова О.К., Гуцаленко Ю.Г., Руднєв О.В., Пупань Л.І.

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

Розглянуто вплив технологічних показників процесу плазмо-електролітного оксидування (ПЕО) на шорсткість та морфологічні характеристики (пористість, форму і розміри структурних частинок) поверхні діелектричних покриттів на деформівних алюмінієвих сплавах Д16Т та АК6, які використовують для виготовлення корпусів алмазних шліфувальних кругів. Подібні покриття призначені для забезпечення електроізоляційних властивостей, що сприяє підвищенню ефективності комбінованих процесів алмазного шліфування.

Зразки підлягали оксидуванню за режимом довільно падаючої потужності (ДПП) на змінному струмі та за гальваностатичним режимом (ГС) на випрямленому струмі. Дослідження проводили в розчинах лужно-силікатної групи. Мікрогеометрію поверхні оцінювали за показником шорсткості R_a . Характеристики морфологічного стану визначали за допомогою оптичної та скануючої електронної мікроскопії.

Встановлено, що формування покриттів на поверхні сплавів Д16Т та АК6 методом ПЕО призводить до збільшення середнього арифметичного відхилення профілю R_a в 2÷6 разів залежно від умов електролізу – складу електроліту, електричного режиму, тривалості процесу або товщини покриттів.

Визначальним чинником впливу на R_a поверхні покриттів, сформованих за обома режимами (ДПП та ГС), за ідентичності інших умов формування покриттів, є склад електроліту. Мінімальний показник R_a на обох сплавах і електричних режимах забезпечує електроліт складу 1 г/л КОН + 6 г/л РС.

На показник шорсткості покриттів, сформованих у гальваностатичному режимі, окрім складу електроліту, суттєво впливає також густина струму.

Інтерпретація морфологічних особливостей поверхонь ПЕО-покриттів дозволила визначити їх якісну кореляцію з мікрогеометричним показником R_a та оцінити характер відкритої пористості покриттів (розмір, відносну кількість, заглибленість, ступінь заростання), яка у значній мірі впливає на їх функціональні властивості, насамперед, електричну міцність.

Найбільш придатним електролітом з точки зору формування ПЕО-покриттів з мінімальною шорсткістю та пористістю є лужно-силікатний розчин складом 1 г/л КОН + 6 г/л РС. Важливо, що саме в цьому розчині були досягнуті найкращі показники діелектричних властивостей покриттів, отриманих на змінному струмі в режимі ДПП, який вибрано базовим для технологічного процесу.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕРСТАТІВ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ КІНЕМАТИКОЮ ПРИ ШЛІФУВАННІ АЛМАЗІВ

Степанов М.С., Іванова М.С., Майстренко В.Г., Миргородський С.С.

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

Вже давно спостерігається тенденція використання алмазів не лише як ювелірних виробів, але й в різних сферах промисловості: медицині, мікроелектроніці, будівництві, машино- та приладобудуванні, аерокосмічній галузі тощо. В машинобудуванні широко розповсюджено використання алмазних інструментів, перевагами використання якого є його зносостійкість і висока продуктивність, точність та якість оброблених поверхонь, особливо при обробці важкооброблюваних матеріалів.

На сьогоднішній день існує багато методів обробки алмазів: механічний, хіміко-механічний, термомеханічний, динамічне полірування тертям, обробка високим енергетичним струменем, обробка в режимі квазіпластичності [1]. Обробці підлягають як природні алмази так і синтетичні. Механічну обробку кристалів алмазу виконують на обдирних та шліфувальних верстатах, ріжуть ниткою тощо. У той же час остаточну огранку алмазів часто виконують вручну, а якість обробки часто залежить від майстерності огранника та його суб'єктивної оцінки при контролі розмірів та параметрів якості.

Незважаючи на те, що існує багато способів та приладів для огранки алмазів, різноманітність розмірів та форм останніх, високі вимоги до якості їх обробки та обов'язкове дотримання жорстких температурних умов, обумовлюють пошук нових технічних та технологічних рішень задачі забезпечення високої якості та продуктивності обробки.

Одним з таких рішень може стати розробка верстата для шліфування (огранки) алмазів та інших дорогоцінних каменів, який би забезпечив чітке положення заготовки відносно різального інструменту та автоматизовану зміну його положення на заданий кут.

Виходячи з того, що верстати з паралельною кінематикою характеризуються високим ступенем рухомості, вони є перспективними з точки зору використання їх при огранці алмазів. Крім того, невеликі значення сили різання, що виникають при шліфуванні, нівелюють вплив жорсткості верстата на якість та точність обробки.

Таким чином, розробка обладнання для огранки алмазів на основі верстатів з паралельною кінематикою, а також подальше його дослідження є актуальною науково-практичною задачею.

Література:

1. *Гридин О.М.* Применение алмазов в промышленности и методы их обработки / О.М. Гридин, Т.Б. Теплова, А.А. Гоготов, М.А. Доронин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-almazov-v-promyshlennosti-i-metody-ih-obrabotki>.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ОТВОРІВ КОМБІНОВАНИМ ОСЬОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Степанов М.С., Іванова М.С., Чернобривка Б.О.

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

Концентрація операцій механічної обробки (свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвертання та зенкування), яка реалізується через застосовування комбінованих осьових інструментів (КОІ) традиційно дозволяє підвищити продуктивність обробки отворів за рахунок скорочення часу на відведення, підведення та заміну інструмента у порівнянні з набором стандартних осьових інструментів при обробці одного отвору (гладкого або ступінчастого). При цьому, в залежності від технічного завдання (геометрії поздовжнього перетину отвору та технічних вимог до точності і якості поверхонь), ступені КОІ працюють паралельно або послідовно. Очевидно, що максимальна продуктивність досягається при паралельній роботі ступенів КОІ, тому що при цьому зменшується також основний час роботи інструмента.

Виходячи з концепції, за якою КОІ проектується для обробки групи отворів з подібними конструктивно-технологічними ознаками, виникає необхідність визначення меж доцільності виготовлення та використання такого КОІ. Одним з критеріїв оцінки може бути продуктивність, яка безпосередньо залежить від часу, що витрачається на обробку групи отворів. При цьому повинна дотримуватись умова

$$T_{\text{ц-гр}}^{\text{КОІ}} < T_{\text{ц-гр}}^{\text{СтІ}},$$

де $T_{\text{ц-гр}}^{\text{КОІ}}$, $T_{\text{ц-гр}}^{\text{СтІ}}$ – час циклу автоматичної роботи верстата за програмою для обробки групи отворів комбінованим та набором стандартних інструментів відповідно, хв.

Так як у загальному випадку час циклу автоматичної роботи верстата за програмою залежить від основного часу обробки T_o та машинно-допоміжного часу $T_{\text{м.д.}}$ на виконання допоміжних ходів $T_{\text{м.д.ч}}$ та автоматичної зміни інструментів $T_{\text{м.д.зм}}$

$$T_{\text{ц}} = \sum T_o + \sum T_{\text{м.д.}} = \sum T_o + \sum T_{\text{м.д.х}} + \sum T_{\text{м.д.зм}},$$

то технологічний маршрут обробки групи отворів слід розробляти таким чином, щоб переміщення інструменту на робочих (обробка) та допоміжних (підведенні/відведення) ходах були мінімальними, особливо це стосується КОІ, для якого характерна наявність кількох ступенів, що спричиняє подовження не лише самого інструменту, але і його переміщень.

Таким чином, продуктивність обробки групи отворів КОІ забезпечується при дотриманні умови

$$\sum T_o^{\text{КОІ}} + \sum T_{\text{м.д.х}}^{\text{КОІ}} < \sum T_o^{\text{СтІ}} + \sum T_{\text{м.д.х}}^{\text{СтІ}} + \sum T_{\text{м.д.зм}}^{\text{СтІ}}.$$

Звідки, знаючи швидкість та довжини допоміжних ходів, параметри режимів різання та отворів можна визначити довжину КОІ, при якій забезпечується підвищення продуктивності обробки.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОТУРБІН

Тиньянова І.І., Горелов Я.Р., Ященко В.Ю.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

На сьогоднішній день все більшого застосування знаходить метод вдосконалення проточної частини, що базується на проведенні багатоваріантного чисельного аналізу впливу окремих геометричних параметрів робочого колеса на енергокавітаційні показники гідротурбіни. Шляхом внесення змін до початкової геометрії проточної частини гідротурбіни і подальшого прогнозування енергетичних показників робиться відбір найбільш прийнятних, у поєднанні з вимогами технічного завдання, варіантів проточної частини. У зв'язку з цим дуже актуальним являється завдання пошуку тих змін до геометрії проточної частини, які забезпечують вимоги, що пред'являються до енергетичних характеристик.

Поліпшення енергетичних показників при проектуванні гідротурбін безпосередньо пов'язане з вдосконаленням математичного моделювання робочого процесу. Відмінністю запропонованої методики є використання рівнянь математичної моделі у безрозмірній формі. Застосування безрозмірних комплексів дозволяє більш повне розкрити закономірності робочого процесу гідротурбін у широкому діапазоні зміни швидкохідності.

На основі безрозмірних комплексів пропонується методика моделювання енергетичних характеристик радіально-осьових гідротурбін, що дозволяє проводити цілеспрямований пошук раціональних варіантів проточної частини на початковому етапі проектування.

Дану математичну модель можливо використовувати за відсутності повної інформації про геометрію лопатевої системи робочого колеса. При профілюванні робочого колеса виходять із завдання ряду геометричних параметрів. При цьому виходять з наявних даних про вплив цих параметрів на параметри оптимального режиму. Такий підхід є не досить обґрунтованим. Правильний вибір геометричних параметрів багато в чому зумовлює як рівень ККД, так і міру збігу дійсних параметрів оптимального режиму із заданим. Аналіз впливу геометричних параметрів проточної частини на параметри оптимального режиму є необхідним етапом розрахунково-теоретичного відробітку лопатевої системи в процесі її проектування.

Відповідно до цього методика формування лопатевої системи робочого колеса складається з двох етапів: I етап зводиться до формування вихідних геометричних кутів, вибір найбільш доцільного варіанту проводиться на основі порівняльного аналізу залежностей. На II етапі проводиться відрізок вхідних елементів лопатевої системи робочого колеса, для узгодження вхідних елементів лопатевої системи робочого колеса з кінематикою потоку, що формується направляючим апаратом. В результаті порівняльного аналізу вибираються варіанти лопатевої системи, які якнайкраще узгоджуються з вимогами, що пред'являються до проекрованої проточної частини гідротурбіни.

CNC MILLING MACHINE IN THE FIELD OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND HIS CURRENT IMPACT ON THE PRODUCTION OF METAL PARTS

J.I. Tipan Caisaguno, A. Glushko

National Technical University

«Kharkiv polytechnic institute»,

Kharkiv

The milling machine is represented as a machine tool used to perform machining work which functions as a rotary tool with several cutting edges and advances in a specific direction on the piece. One of the characteristics of the milling machine is the ability to cut with three or more axes for movement while in a traditional lathe only has two axes.

The first work in the area of computer numerical control (CNC) was carried out by the American inventor John T. Parsons in the 1940s and his work involved the use of data in a reference system to define the contour surfaces of the propellers of helicopters. One of the applications of the numerical control is to perform processes with machine tools. Then, little by little, this system incorporates other advances such as linear and circular interpolation functions or automatic tool changes, giving rise to a type of machine tools that became known as the "Machining Center".

CNC machines are now much faster and more reliable. They offer automation features with specifications to the requirements of each company. Even, the functions of administration of the tool have become more complex in their design, but easy for operation.

There are many computer programs that help us with the simulations of machining using a numerical language of machines. This language is called G code.

The G-Code is the name of an operation description language for computer numerical control (CNC) machines that can also be used as a programming language to control these devices to simplify operations, we write inside our software to perform the simulations. The most popular software is called Swan soft CNC Simulator which allows us to observe the trajectory of our work tool in the milling machine and its final product.

Currently, technology advances as fast as needs arise in the world. Not only in this industrial branch, but in all fields. The internet represents another incredible tool for communication between processors. The companies that are globally, for example, are highly benefited by the central programming that sends the order to different locations.

It is very important to study the parameters, characteristics, properties of milling machines. The use of milling machines is quite common and necessary for the industry of every developed country.

ВИЗНАЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГНУЧКИХ ОПОР КОЧЕННЯ ХВИЛЬОВИХ ПЕРЕДАЧ

Ткаченко В.М.

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

У більшості хвильових передач застосовуються генератори хвиль деформації, в яких радіальні переміщення W задаються залежністю $W = W_0 \cdot \cos 2\varphi$. Силова взаємодія між зуб'ями гнучкого і жорсткого коліс відбувається в двох областях, відповідних кутам $\pi/2$, причому сили розподілені по тій же залежності, що і W . Експериментально встановлено, що зусилля, необхідні для деформації гнучкого колеса генератором хвиль, в даному випадку, також розподілені за законом радіальних переміщень в областях зачеплення. Порівняння радіальних складових сил зачеплення з відповідними силами від деформації гнучкого колеса показало, що останні не перевищують 5% від радіальних складових сил зачеплення.

Для визначення максимальної сили взаємодії кілець з кулями скористаємося відомою залежністю, отриманою в припущенні розподілу сил по косинусоїдальній залежності, як і в даному випадку. З урахуванням того, що в стандартних гнучких підшипниках число куль $Z = 23$ отримаємо

$$k = z / (1 + 2 \sum_{i=1}^n \cos^{5/2} i \varphi) = 5,56$$

У звичайних підшипниках $k = 4,37 \pm 0,01$.

Таким чином, максимальне навантаження на кулю гнучкого підшипника хвильової передачі зростає в 1,27 разів у порівнянні з випадком, коли цей же підшипник працює в звичайних умовах, без вигину.

Таке збільшення навантаження слід враховувати при визначенні довговічності, а також те, що за один оборот генератора відбувається два навантаження кожної з куль, тобто довговічність зменшується в два рази.

К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИКИ ГИДРОПРИВОДОВ

Фатеев А. Н., Фатеева Н. Н., Соляник А. Ю.

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

В современных гидросистемах для поддержания производительности гидрофицированного оборудования на высоком уровне, увеличения срока службы гидравлических компонентов и рабочей жидкости, снижения времени простоев и объема ремонтных работ необходимо производить своевременное квалифицированное техническое обслуживание, регулировку и диагностику гидросистем. Для решения этих задач авторами предложено применение универсальных гидравлических тестеров, позволяющих производить регулировку гидравлических аппаратов и диагностирование гидросистем на месте эксплуатации – без демонтажа оборудования. Этот простой в эксплуатации, мобильный диагностический прибор позволяет решить большинство задач при диагностике гидравлических систем, в том числе: тестирование гидравлических насосов; тестирование предохранительных клапанов; тестирование гидрораспределителей; тестирование гидравлической системы с помощью "Т" соединения.

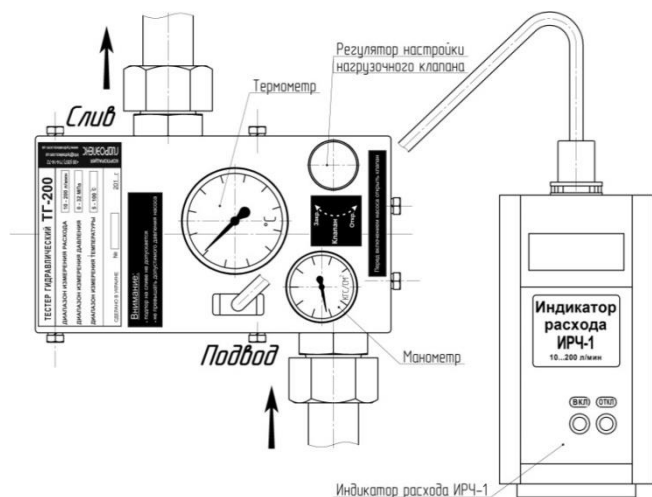


Рис. 1 – Общий вид гидравлического тестера

Функционально гидротестер (рис. 1) представляет собой комплекс измерительных приборов, состоящий из расходомера с электронным индикатором расхода, манометра, термометра и нагрузочного клапана. С помощью гидротестера можно измерить основные параметры потока рабочей жидкости – расход, давление и температуру. Нагрузочный клапан моделирует нагрузку, создавая сопротивление потоку и одновременно, предохраняет гидросистему от превышения допустимого давления.

Таким образом, данная методика (наличие четкого плана действий) использования гидротестера позволяет снизить временные и финансовые затраты за счет того, что: 1) диагностирование и настройка элементов гидросистем производится с минимальным вмешательством в гидросистему, без демонтажа входящего в нее гидравлического оборудования; 2) отпадает необходимость в дорогостоящих специальных стендах для проведения большинства диагностических и регулировочных работ.

Литература:

Фатеев А. Н. Методика диагностики и настройки гидравлических систем тестером гидравлическим ТГ-200 / А. Н. Фатеев, Т. С. Салыга, А. В. Красильник [и др.] // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 45 (1154). – С. 106 – 110.

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ

Фатєєва Н. М., Фатєєв О. М.

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

При запуску в експлуатацію і в процесі роботи гідрофікованих машин у операторів і технічного персоналу, зайнятого обслуговуванням машини і її гідроприводу виникають значні ускладнення при визначенні несправного компонента у разі виникнення тієї або іншої раптової відмови, а тим більше при визначенні можливих причин появи несправності, оцінці наслідків цієї несправності для подальшої роботи системи і визначенні заходів по усуненню цих причин. Використання для цього вочевидь простого методу повного перебору, відомого як метод проб і помилок, неприйнятно, оскільки для виявлення несправного компонента доведеться перевірити, в тому числі розібрати або замінити, безліч компонентів абсолютно справних. Це не тільки довго і дорого, але і наносить збитку всій системі, оскільки при цьому неминучі втрати масла, для заповнення яких в ряді випадків, особливо в польових умовах, немає потрібного запасу, в систему вносяться забруднення; буде потрібна заміна багатьох елементів непридатних після розбирання тощо. Відомі дані, що при такому підході на практиці до 50 % компонентів, що зазнавали розбирання і заміни, виявлялися цілком придатними для роботи. У зв'язку з цим, задача діагностування гідросистем і оперативне визначення технічного стану їх компонентів, в тому числі і виявлення несправних виробів, особливо в досить складних і розгалужених системах, є вельми актуальними.

Застосовно до технічних задач експлуатації машин і обладнання, що мають взаємопов'язану структуру (наприклад: гідросистеми, електросистеми), можна використати логічні методи рішення, чим і є алгоритмітизація. Зокрема, поміж задач, що піддаються рішенням такими методами, являється задача пошуку несправностей в системах (задача діагностики), а також причин їх виникнення і способів усунення, оскільки даний метод цілком задовольняє таким вимогам як: отримання однозначно правильного результату, швидкість рішення, простота освоєння. Крім цього такий метод дозволяє перейти на більш високий рівень рішення подібних задач, а саме, на використання ЕОМ (електронно-обчислювальних машин) в якості обробника і аналізатора вихідних даних і результатів.

Узагальнений алгоритм пошуку несправностей і причин їх появи в гідросистемах повинен мати такі властивості: масовість, що дозволяє вирішувати не одну задачу, а цілий клас подібних задач; детерміновість, що однозначно визначає дії, що виконуються (проміжні і остаточні результати різних користувачів будуть однакові при однакових початкових даних); результативність, що дозволяє отримати результат після кінцевого циклу кроків.

Література:

Савел'єв К. В. Досвід комплексного технічного обслуговування і ремонту гідросистем машин і обладнання / К. В. Савел'єв, В. М. Волоцький // Техніка приводів. – Харків, 1997. –

ІМІТАЦІЙНЕ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ 3D МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА В СЕРЕДОВИЩІ ПАКЕТУ «GPM3D»

Феденюк Д.В.¹, Шелковий О.М.²

¹Павлоградський хімічний завод (НПО ПХЗ), м. Павлоград

Національний технічний університет

²«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В роботі розглянуті питання підвищення якості та продуктивності нижчої ланки керівництва виробничими процесами (на рівні технологічних відділів, планово-диспетчерської служби, відділів постачання) за рахунок застосування системи моделювання виробничих процесів на основі 3D - візуалізації.

Коли мова заходить про 3D – моделювання як елемент автоматизації, то, як правило, наводиться багато прикладів її реалізації в CAD та CAM – системах. Значно гірше йдуть справи з ERP та MESS – системами, реалізацію яких можна перелічити на пальцях однієї руки. Це зрозуміло, бо такі системи повинні відповідати як загальним вимогам до систем проектування тривимірної графіки, так і специфічним умовам застосування систем автоматизації управління та побудовою виробничих процесів, а саме, дозволяти будувати та аналізувати віртуальний виробничий процес у часі, що обмежений тривалістю прийняття управлінського рішення. До того ж вони повинні займати невеликий об'єм пам'яті, не потребувати ЕОМ з високою швидкістю обробки інформації. Аналіз літературних даних показав, що зараз таких систем немає.

На кафедрах ТМіМРС та ІТМ імені М.Ф. Семка НТУ «ХПІ» під керівництвом проф. Шелкового О.М. розроблена система імітаційного організаційно-технологічного 3D - моделювання механоскладального виробництва. Концепція побудови імітаційної моделі в ній базується на розподілі процесу її побудови між CAD - системою, яка дозволяє формувати 3D – модель виробничої ланки з подальшою її конвертації у файли стандарту STL та трансляцією цієї моделі в середовище MESS – системами, якою по сутності є пакет «GPM3D».

Ця система дозволяє:

- формувати попередній організаційно-технологічний стан моделі механоскладальної системи;
- засобами програмування забезпечувати відображення в моделі реальні організаційні та технологічні зміни, які виникають в процесі виробництва;
- віртуальне відображення цих процесів з масштабуванням у часі дозволяє прогнозувати стан виробничою системи;
- моделювання в системі «GPM3D» не потребує глибоких знань в інформатиці і моделюванні, що дозволяє зосередитись на вирішенні виробничих завдань.

Подальший розвиток цієї системи, на наш погляд, необхідно спрямувати на забезпечення ідентичності модельованого процесу з моделлю. Для цього планується відтворювати автоматичне моделювання відмов обладнання та вірогідну поведінку робітника в процесі виконання виробничого завдання.

МЕТОДОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ СТМ НА СТАДИИ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Федорович В.О., Пыжов И.Н., Волошкина И.В.

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

Для повышения надежности лезвийного инструмента из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) предложен новый методологический подход. Поскольку надежность лезвийного инструмента определяется предельными напряжениями на передней и задней гранях резца при резании [1], нами предложено надежность лезвийного инструмента из PSTM определять уже на этапе его заточки и термоактивируемой доводки. Предлагается указанные процессы осуществлять в термосиловых условиях, близких к условиям эксплуатации инструментов. Целесообразно так затачивать и доводить лезвийные инструменты из PSTM, чтобы дефекты, полученные при синтезе, проявлялись до их эксплуатации, т. е. отбраковка производилась бы еще на стадии их изготовления.

Поскольку в процессе эксплуатации лезвийный инструмент часто испытывает более жесткие термосиловые нагрузки, чем в процессе его заточки и доводки, представляется не целесообразным выбор щадящих условий его заточки и доводки. В связи с этим уже на стадии заточки и доводки лезвийного инструмента необходимо создавать в нем термосиловые нагрузки, эквивалентные или даже несколько превышающие те, которые этот инструмент будет испытывать в экстремальных условиях его эксплуатации.

Алгоритм осуществления данного подхода следующий. Вначале с помощью пакета прикладных программ по методам конечных элементов рассчитываются предельные термосиловые напряжения в режущем клине резца в экстремальных условиях его эксплуатации [2]. Для этого трехмерная модель лезвийного инструмента нагружается силой резания P и температурой T по величине, несколько превышающей те значения, которые этот инструмент может испытывать в экстремальных условиях его эксплуатации.

Полученные значения термосиловых напряжений являются базовыми для решения обратной задачи – нахождения режимов и условий заточки и термоактивируемой доводки по известному напряженному состоянию резца из PSTM в экстремальных условиях его работы. Таким образом, определяются условия доводки, при которых дефекты PSTM вскрываются еще на стадии изготовления инструмента.

Литература:

1. Новиков Н.В. Надежность лезвийного инструмента из КНБ в период приработки / Новиков Н.В., Девин Л.Н., Шляев Д.В. – Високі технології в машинобудуванні: Зб. наук. пр. ХДПУ. — Харків: ХДПУ, 1998. – С. 227-229.
2. Федорович В.А. Разработка научных основ и способов практической реализации управления приспособляемостью при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов: дис. ...д-ра техн. наук : 05.03.01 / Федорович В. А. – Харьков, 2002. – 466 с.

КОНЦЕПЦІЯ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СПІКАННЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТА

Федорович В.О., Островерх Є.В., Козакова Н.В.

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

Теоретичне дослідження процесу спікання алмазно-абразивного інструмента шляхом 3D моделювання й аналізу напружено-деформованого стану системи «зв'язування–алмазне зерно–металлофаза» з використанням методу кінцевих елементів дозволяє визначити оптимальне поєднання властивостей міцності зв'язування й алмазних зерен, їхньої зернистості й концентрації, при яких зберігається цілісність алмазних зерен, і, як наслідок, їхнє ефективне використання при обробці.

Для створення 3D моделей композиції, що спікається, використовується програмний пакет Solidworks, який дозволяє враховувати форму, розміри й властивості елементів алмазовмісного композита, вивчати вплив на нього температурного й силового полів, що виникають при виготовленні інструмента. При моделюванні варіюються геометрія алмазного зерна, його розміри, температура й тиск процесу спікання, а також фізико-механічні властивості компонентів досліджуваного алмазоносного шару: модуль пружності, модуль об'ємного стискування, коефіцієнт лінійного термічного розширення, коефіцієнт Пуассона, границя текучості й коефіцієнт теплопровідності.

Розрахунки дозволяють кількісно оцінювати головні й приведені напруги, енергію деформації й щільність енергії деформації в елементах, що спікаються. У якості реакції моделей на докладене термосилове навантаження розглядаються головні нормальні й приведені напруги у вузлах сітки, що належать моделям алмазного зерна, його металофази й навколишнього зв'язування. Обсяги матеріалів вважаються зруйнованими, якщо приведені напруги в них перевищують відповідні граничні значення. У якості критерію руйнування алмаза приймаються значення максимальних розтягувальних напруг певних марок і зернистостей.

Оскільки напруги, що виникають у процесі спікання алмазно-композиційного матеріалу, є результатом взаємовпливу технологічних параметрів і фізико-механічних властивостей компонентів, що спікаються, для визначення оптимальних складів і умов спікання використовується метод планування багатofакторного експерименту – план типу В4.

Представлена концепція дає можливість ще на стадії проектування алмазно-абразивного інструмента одержати дані з оптимального поєднання матеріалу зв'язування, марки алмазного порошку, його зернистості, концентрації, режимів спікання, що забезпечує цілісність алмазних зерен у композиті, і тим самим підвищує ефективність процесів обробки таким інструментом.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОБЩЕННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОГИБАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ СПИД НА ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Французов В.И.

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

Обобщенные аналитические модели огибающих инструментальных поверхностей [1, 2], вместе с методикой перехода от числового образа к аналитическому [3] и методикой определения профиля режущей кромки и задней поверхности режущей части инструмента в заданном сечении, позволяют решать не только прямую, но и обратную задачи формообразования.

Именно решение обратной задачи формообразования, когда в качестве исходной рассматривается формообразующая поверхность, позволяет исследовать влияние системы СПИД на точность изготовления деталей.

Например, изменение профиля формообразующей поверхности инструмента позволяет исследовать влияние износа инструмента, изменение значений координатных параметров – влияние погрешности установки детали и инструмента, нелинейная связь кинематических и независимых параметров – влияние погрешности кинематики формообразования, нелинейная связь координатных и независимых параметров – влияние вибраций и т.д.

Следует отметить, что при решении вышеуказанных задач установление вида связи аффинных, координатных и независимых параметров является отдельной задачей исследования.

Литература:

1. Французов В.И. Аналитическая модель огибающей инструментальной поверхности для сложного движения гомовинтовой поверхности с изменяющейся образующей. //Резание и инструмент в технологических системах.- Межд.научн.-техн. сборник.- Харьков: ХГПУ, 1999, вып. 53. 215 с. 2.
2. Французов В.И. Обобщенная аналитическая модель огибающей инструментальной поверхности с нелинейной функциональной связью аффинных и независимых параметров. //Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: збірка наукових праць ХДПУ. Вип. 7. У чотирьох частинах. Ч.2:- Харків: Харк. Держ. Політехн. Ун-т. 1999.- 400 с.
3. Французов В.И. Определение значений параметров гомовинтовой поверхности как общей модели инструментальной поверхности. Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. Научн.-техн.сб.- Харьков: НТУ «ХПИ», 2008.- Вып. 74.- 318 с.

АНАЛІЗ СХЕМ УПРАВЛІННЯ ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТІВ

Черкашенко М.В., Дорошенко О.В., Назаров Д.

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

Пропонується формалізований метод аналізу схем систем управління гідропневмоагрегатів, що дозволяє виявити і усунути помилки, можливі при синтезі. Виявлення помилок здійснюється визначенням коректності графа операцій, аналізу вхідної послідовності, коректності матриці відповідностей і відповідної системи рівнянь.

Метод аналізу розглянуто на прикладі пневматичної схеми управління свердлильним станком. Виконавчими пристроями станка слугують циліндри $C_1 - C_3$, яким відповідають виходи $Z_1 - Z_3$. Станок має лише автоматичний режим роботи. Кожен цикл починається після повертання в вихідне положення пневмоагрегата зажима ($x_1 = 1$) та при ввімкненій кнопці ($x_7 = 1$). Для нього була складена система рівнянь $S = z_1 = x_1 x_7$, $z_2 = x_2 y$, $z_3 = x_4 x_5 y$, $\bar{z}_1 = x_2 x_3 y$, $R = \bar{z}_3 = x_6$.

Для виявлення можливості несвоєчасного спрацювання виконавчих пристроїв та «силової боротьби» на виконавчих пристроях для системи невеликої складності було проілюстровано вкладення графа операції в розгортку n -мірного куба на площині. Для систем більшої складності виявлення будь-якого виду протиріч виконане за допомогою побудови матриці відповідностей, розмір якої не залежить від кількості входів і виходів, а лише від кількості переходів графа операцій. Після аналізу матриці відповідностей та підматриці 1 була представлена відкоректована система рівнянь, яка має вид: $S = z_1 = x_1 x_3 x_5 x_7$, $z_2 = x_2 y$, $z_3 = x_4 y$, $\bar{z}_1 = x_3 y$, $\bar{z}_2 = x_5 y$, $R = \bar{z}_3 = x_6$. На основі аналізу представлений остаточний відкорегований варіант схеми свердлильного станка.

Таким чином, запропонований метод є ефективним засобом виявлення помилок, неточностей, перевірки працездатності раціональної побудови схем, і може бути широко використаний проектувальниками систем управління гідропневмоагрегатів, та студентами ВНЗ при вивченні методів побудови схем.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТУРБИН

Черкашенко М.В., Потетенко О.В., Гасюк А.И.

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

В мировой и отечественной практике создания гидротурбинного оборудования определилась тенденция по пути внедрения более совершенных гидроустройств с применением средств вычислительной техники. Такое развитие направлено на обеспечение современных требований к эксплуатации гидротурбин по поддержанию постоянной частоты.

Дальнейшее развитие вычислительной техники, средств автоматики, элементной базы гидропневмооборудования и теории автоматического управления и синтеза позиционных гидропневмоагрегатов позволило перейти к разработке и созданию более совершенных систем регулирования гидротурбин и ее составляющих гидропривода поворота лопаток направляющего аппарата и гидропривода поворота лопастей рабочего колеса, работающих согласно комбинаторной зависимости для обеспечения высокого КПД и устойчивой работы гидротурбины.

В докладе предлагается применение методов синтеза систем позиционных гидропневмоагрегатов, работающих в дискретном и дискретно-аналоговом режимах, для обеспечения требуемых алгоритмов работы системы управления частотой вращения ротора гидротурбины.

В дискретном режиме работа привода осуществляется с использованием дискретных гидрораспределителей и гидроклапанов. Обеспечивается функционирование исполнительных устройств согласно заданному алгоритму.. К преимуществам относятся простота конструкции, низкая стоимость, применение стандартной гидроаппаратуры.

В дискретно-аналоговом режиме используются пропорциональные гидрораспределители, обладающие высоким быстродействием и точностью позиционирования. Преимуществом является наличие пропорциональных распределителей для управления направляющим аппаратом и поворотом лопастей рабочего колеса гидротурбины. Причем, в каждом контуре, как было доказано авторами, для каждого исполнительного устройства могут быть использованы не более двух пропорциональных распределителей.

Таким образом, материалы данного доклада являются основой для фундаментального исследования и разработки современных регуляторов гидротурбин.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОТУРБИН И ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЛЬНО-ДИАГОНАЛЬНЫХ ГИДРОТУРБИН НА СВЕРХВЫСОКИЕ НАПОРЫ

Черкашенко М.В., Потетенко О.В., Гасюк А.И., Яковлева Л.К.

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

Известно, что только гидроагрегаты (гидротурбины и насос-турбины для ГЭС и ГАЭС) могут запускаться на полную мощность с режима вращения «синхронного компенсатора» в считанные секунды, или с режима полной остановки в считанные минуты. Это позволяет эффективно использовать гидроагрегаты для покрытия пиковых нагрузок суточного регулирования, в том числе, используя систему группового регулирования, т.е. быстрой остановки или быстрого запуска того или иного гидроагрегата, позволяя остальным гидроагрегатам и, в первую очередь, паровым турбинам использующим органическое или ядерное топливо работать на режимах близких к оптимальному, что позволяет надежно осуществлять защиту единой энергетической системы от развала частоты тока в сети.

В докладе рассматриваются особенности эксплуатации гидроагрегатов на переменных нагрузках, пути совершенствования рабочего процесса гидротурбин на различные диапазоны напоров, в том числе, и на высокие напоры, вплоть до 800–1000 м.

Совершенствование рабочего процесса проводится тремя направлениями:

1. Посредством совершенствования математического описания турбулентного трехмерного потока вязкой жидкости в каналах проточной части гидротурбины, что позволяет более эффективно разрабатывать лопастные системы рабочего колеса и др. элементов для различных режимов эксплуатации.

2. Посредством новых конструктивных решений, применения новых типов гидротурбин (например: сдвоенный капсульный гидроагрегат, диагонально-осевые гидротурбины, радиально-диагональные гидротурбины и др.) на которые получены свыше 10 патентов Украины на изобретение.

3. Совершенствование системы регулирования, разработка комбинаторных систем регулирования для новых типов гидротурбин и в случае реконструкций действующих гидроагрегатов.

Все разработки, проведенные на кафедре «Гидравлические машины им. Г.Ф. Проскуры» показали, что среднеэксплуатационный КПД в оптимуме на 1–1,5 %. Существенное уменьшение пульсаций в потоке на переходных режимах повышает надежность гидротурбинного оборудования.

На кафедре ведутся фундаментальные работы по совершенствованию регуляторного оборудования, которое также повысит надежность работы гидроагрегатов на переходных режимах.

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ЕЛЕКТРОВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА ПРИ ВИДОБУТКУ НАФТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА «PVT-WELL-PUMP»

Шевченко Н.Г., Іващенко В.Ю.

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

В останні роки значно ускладнилися умови видобутку нафтогазової продукції за допомогою експлуатації заглибного насосного обладнання – збільшилася глибина установки насоса до 3000 м; розширився діапазон в'язкості пластової рідини до 100 мПа·с; збільшилися об'ємні частки води, газу в продукції. Правильний вибір режиму роботи насоса до умов експлуатації свердловини гарантує надійність і ефективність роботи усієї установки. Тому рішення задачі прогнозування енергетичних характеристик заглибного відцентрового насоса з урахуванням сумісної роботи насоса та свердловини на основі методів математичного моделювання, є актуальною.

У роботі розглядається установка глибинного електровідцентрового насоса (ЕВН). Через обмеження габаритних діаметральних розмірів свердловин, напір одного ступеня відцентрового насоса становить близько 4–6 м. Тому для забезпечення необхідного напору кількість ступенів ЕВН досягає 200–400 одиниць. Для підвищення ефективності експлуатації насосів ЕВН необхідно враховувати багато факторів: глибину установки насоса, тиск та властивості нафтової продукції на прийомі насоса (состав продукції, PVT характеристики, щільність, в'язкість) та робочий режим роботи ЕВН – напір і подача для заданих умов експлуатації. Рух продукції у багатоступеневих відцентрових насосах характеризується безперервним зростанням тиску й температури. При розрахунках реальних характеристик ЕВН, що перекачує нафтогазову продукцію, треба враховувати, що в міру збільшення тиску уздовж насоса зменшується зміст вільного газу у нафті, змінюються состав та властивості продукції. У роботі використовуються теоретичні методи дослідження, що засновані на промислових даних для розрахунків параметрів газорідинної суміші та характеристик ЕВН, а також комплекс програм «PVT-Well-Pump», що створено на кафедрі «Гідравлічні машини» ім. Г.Ф. Проскури НТУ «ХПІ» [1]. Проведена адаптація програмного комплексу до прогнозування режиму роботи установки ЕВН на реальні умови експлуатації по промисловим даним Бугреватського родовища НГВУ «Охтирканафтогаз».

Література:

1. Шевченко Н.Г. Комп'ютерна програма «Програма моделювання сумісної роботи заглибного відцентрового насоса (ЕВН) та свердловини при видобутку нафти» («PVT-Well-Pump») / Н.Г. Шевченко, О.Л. Шудрик // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір №74077, Україна. Дата реєстрації 09.10.2017.

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ НА ДИСКОВЕ ТЕРТЯ ЗАГЛИБНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ПРИ ВИДОБУТКУ ВОДОНАФТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Шевченко Н.Г., Коваль О.С., Люлін Д.О.

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

Продукція нафтових свердловин складається з нафти, газу й пластової води та утворює водонафтову емульсію (ВНЕ) з нелінійними в'язкостними властивостями. Підвищення ефективності експлуатації відцентрових насосів при механізованому видобутку нафти шляхом удосконалювання математичних моделей, що враховують особливості фізичних властивостей водонафтової суміш, є актуальним завданням. Метою роботи є дослідження впливу втрат потужності на дискове тертя в загальному балансі втрат енергії в заглибних відцентрових насосах, що перекачують водонафтову продукцію. Установлено, що втрати потужності на дискове тертя при перекачуванні ВНЕ відіграють істотну роль, особливо при підвищенні в'язкості продукції. У роботі проведено аналіз теоретичних і експериментальних досліджень дискового тертя робочих коліс відцентрового насоса. Виконана оцінка втрат потужності дискового тертя по напівемпіричних залежностях на прикладі ступені насоса ЕВН5-80 для ньютонівської рідини.

Авторами представлено результати обробки реологічних характеристик водонафтової продукції для трьох нафтогазових родовищ. Установлено, що ефективна в'язкість суміші нафти та води у зоні інверсії значно збільшується. Аналіз реологічних характеристик показав, що водонафтова продукція при об'ємному змісті води від 40 - 80 % відноситься до рідини типу Гершеля-Балклі з нелінійними в'язкостними властивостями та межею плинності, що змінюються.

Для прогнозування енергетичних характеристик заглибних відцентрових насосів, що перекачують реальну продукцію, запропоновано використовувати узагальнену модель ньютонівської рідини. Визначено формули розрахунку ефективної в'язкості для реальних умов експлуатації заглибного відцентрового насосу у свердловині. Облік нелінійності властивостей в'язкості ВНЕ показав, що втрати потужності на дисковий тертя в відцентровому насосі збільшуються на 4-5%. Результати розрахунку втрат потужності і механічного ККД представлені для ступені насоса типу ЕВН5-80.

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УНИВЕРСИТЕТОВ ПО ПРОЕКТАМ ПОЛЬСКИХ ИНИЦИАТИВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ СЕГМЕНТЕ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ

**Шелковой А.Н.¹, Гаращенко Я.Н.¹, Гуцаленко Ю.Г.¹,
Геворкян Э.С.², Руцки М.³**

**¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
²Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков**

³Технологический и гуманитарный университет им. Казимира Пулавского, г. Радом

Современная Польша успешно интегрировалась в образовательное и научное пространство ЕС и усилиями своих университетов активно вовлекает в дальнейшее развитие лучшие университеты и ведущих специалистов высшей школы Украины. По личному опыту авторов 2018-2019 гг. сотрудничество реализуется включенным в учебный процесс обменом преподавателей и приглашением для чтения лекций перспективно работающих и известных специалистов (выпускник докторантуры Гаращенко Я.Н. и д-р техн. наук Геворкян Э.С. – в Радомском ТГУ, механический факультет), проведением научно-педагогических стажировок (ст. науч. сотрудник Гуцаленко Ю.Г. – в Куявском университете во Влоцлавеке, механический факультет). Основной задачей этого сотрудничества является формирование и развитие профессиональной компетенции будущих и действующих специалистов.

В нашем опыте открытой доверительности сотрудничества способствует межличностное общения авторов вокруг машиностроительной проблематики конференций по информационным технологиям MicroCAD в Харькове прежних лет, освещенных дружеским партнерством с Познанской политехникой, прежде всего в лице Мечислава Кавальца и его коллег-машиностроителей (М. Янковяк, М. Гжелька, М. Руцки и др.).

Память традиций стимулирует интерес к развитию сотрудничества, и практика общения на площадках университетов-партнеров способствует определению и реалистичному планированию его перспектив. Среди них проектирование механосборочных производств, аддитивный и обратный инжиниринг, активированные электрическим током алмазно-абразивная обработка и спекание тугоплавких материалов, композитов на их основе.

В освещении проектов польских инициатив авторами использованы материалы сайта Радомского ТГУ [1] и совещания в нем в ноябре 2018 года по координации участия семи украинских университетов из Киева, Харькова, Львова, Днепропетровска, Ивано-Франковска в проекте 2018-1-PL-KA107-048232, а также публикации [2] в польском интернет-издании «Эхо свентокшишского дня».

Литература:

1. Projekt nr POWR.03.05.00-00-Z105/17. Data publikacji: 17.04.2018r. Witryna internetowa, URL: <https://www.uniwersytetradom.pl>.

2. Stańczak, P. Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu zdobył miliony z Unii Europejskiej. Data publikacji: 21.07.2018r. Witryna internetowa, URL: <https://echodnia.eu>.

СЕКЦІЯ 4. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

REDUCING ENERGY SPENDING & CO₂ EMISSIONS Mobility - light vehicles - and Transport - Heavy Duty Vehicles

P.Wakeford
*Action Management Eirl.,
Lyon*

The paper consider the following issues

Global picture : focusing on the wide potential of Energy Savings in Road Surface
Transport - mobility and commercial transport

- **Company business vehicles** (< 3,5T) and Commercial vehicles (technical & utility vehicles)
 - Data collecting : consumptions and profile of routes used
 - Recommendations and solutions available
 - Computing the potential savings with special software
 - Evaluation of the ROI - return on investment - for each recommendation
 - Opportunity for transferability to alternative solution - electric, hybrid
 - Managing teams on the short and long term (rewards, incentives)
- **Heavy Duty Vehicles** (3,5T to 40 T or more) Merchandise or Passenger transport type (touristic, scholar)
 - Data collecting consumptions and profile of routes and cargo
 - Recommendations and solutions available
 - Computing the potential savings using Charter CO₂ calculator
 - Evaluation of the ROI return on investment for each recommendation
 - Opportunity for transferability to alternative solution - electric, hybrid
 - Managing teams on the short and long term (rewards, incentives)



АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТЯГОВИХ ПРИВОДІВ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ

Бобрицький С.В.

Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків

Розглянуто конструкцію тягових приводів (ТП) електропоїздів метрополітену. Встановлено, що відповідно до класифікації [1], ТП відноситься до класу II – з розташуванням тягового електродвигуна (ТЕД) на підресореній частині рухомого складу (рамі візка) та опорно-вісьовим розташуванням тягової зубчатої передачі (ТЗП) і може бути описаний структурною формулою [2]:

$$ТП-II (ПС-КМ-ЦКЕ-Ж), \quad (1)$$

де *ТП-II* – умовне позначення тягового приводу II класу; *ПС* – умовне позначення ТЕД постійного струму; *КМ* – умовне позначення з'єднання вала ТЕД з вхідним валом ТЗП за допомогою карданної муфти; *ЦКЕ* – умовне позначення циліндричної косозубої евольвентної ТЗП; *Ж* – умовне позначення безпосередньо розташовано зубчатого колеса ТЗП на вісі колісної пари.

Виділена особливість вузла підвішування ТЗП, яка полягає в наявності на кріпленні сферичний підшипник 4 (рис. 1) та комплексного запобіжника.

Сферичний підшипник дозволяє повертатись корпусу ТЗП відносно вісі колісної пари в залежності від прогину ресор буксового підвішування. Комплексний запобіжник вузла підвішування ТЗП складається з виделки 5, яка розташована на рамі візка 1 та хвостовика 6 підшипникової кришки корпуса ТЗП і унеможливорює опускання редуктора вниз у випадках обриву стрижня 3, зламі несучого кронштейну 2, виходу з ладу інших деталей підвішування.

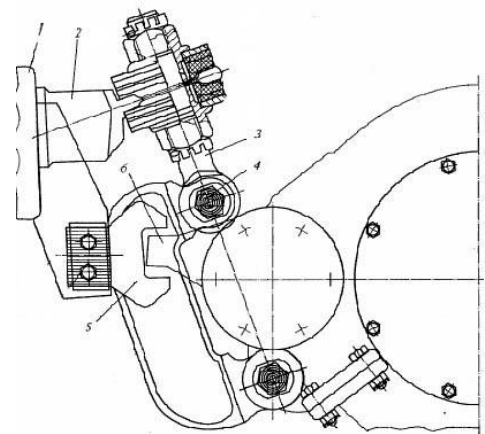


Рис.1 Вузол підвішування ТЗП

Запропоновано удосконалити запис структурної формули за рахунок уточнення конструкції вузлів підвішування ТЕД та ТЗП. В такому випадку формула (1) може бути представлена у вигляді:

$$ТП-II [П-СП] (ПС-КМ-ЦКЕ-Ж), \quad (2)$$

де *П* – розташування ТЕД на рамі візка, *СП* – з'єднання корпуса ТЗП з рамою візка через сферичний підшипник.

Література:

1. Бирюков И.В. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог / И.В. Бирюков, А.И. Беляев, Е.К. Рыбников – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
2. Мороз В.І. Новий підхід до класифікації тягових приводів рухомого складу залізниць / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький // Зб.наук.праць ДонІЗТ. – Донецьк, 2012. – Вип. 29. – С. 162-166.

ТЕОРЕТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛІЄУТВОРЕННЯ УНАСЛІДОК БАГАТОРАЗОВОГО ПРОЇЗДУ КОЛІСНОГО ФОРВАДЕРА

Бойко М. М., Мачуга О. С.

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів

Для визначення реальних показників пошкоджень довкілля лісовими машинами, порівняльного екологічного оцінювання способів трелювання деревини, а також обґрунтування екологічно безпечних режимів роботи лісотransпортних засобів виконано натурні обстеження наслідків лісозаготівельної діяльності в рівнинних умовах та полігонні дослідження процесів колієутворення унаслідок багаторазового проїзду колісного форвадера «Амкодор-2662-01». Дослідження проводилися на лісосіці ДП «Бродівське лісове господарство». Натурні дослідження передбачали замір глибини пошкодження опорної поверхні після виконання форвадером проїздів з пакетом деревини об'ємом 17,1 м³ (порода бук) та середнім тиском в шинах форвадера 94,4 кПа. Тестова ділянка: непорушеної структури, покрита щільним рослинним покривом, ухил 2 – 3°, початкова щільність ґрунту 1.40 – 1.51 г/см³, вологість 6.0 - 10.1 %.

На рис. 1 подано результати вимірів глибини колії у залежності від кількості проїздів форвадера звичайною ділянкою (а) та ділянкою, вистеленою зрубаним гіллям (б); на рисунку 1 в подано теоретичні результати, отримані за допомогою енергетичного аналізу процесу колієутворення.

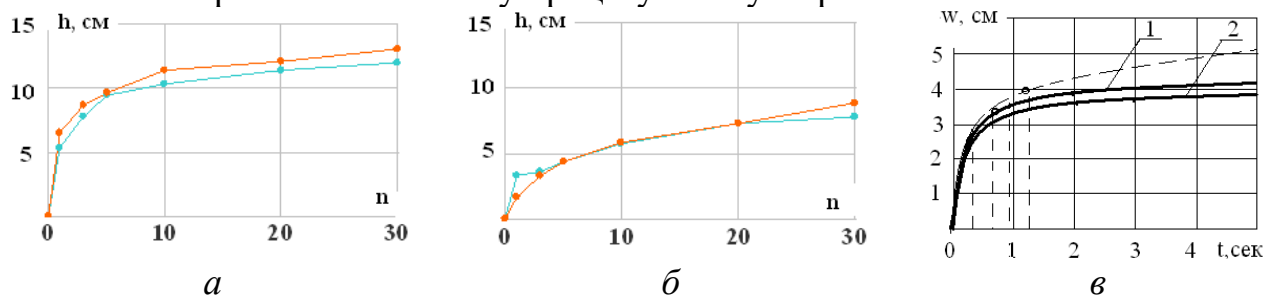


Рисунок 1 – Глибина колії

Результати аналізу теоретичних та експериментальних даних наступні:

- інтенсивність колієутворення істотно залежить від витримувальної здатності ґрунту, яка обумовлена його геоморфологічною структурою;
- глибина колії після перших 5 – 7 проїздів становить близько 70 % глибини колії після 30-ти проїздів, що відповідає найбільшому ущільненню ґрунту частинок;
- наявність настилу з гілок суттєво (у 1,6 рази) зменшує глибину колії, тому рекомендується проведення робіт щодо додаткового захисту опорної поверхні;
- трав'яний покрив та коренева система інтенсивно зменшує глибину колії;
- максимальна глибина колії внаслідок проїздів форвадером марки АМКОДОР-2662-01 на прямій дослідній ділянці (ґрунтова поверхня середньої твердості) не перевищувала екологічно безпечної межі;
- якісне співпадіння експериментальних результатів із теоретичними, отриманими за використання енергетичного підходу.

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЛПт-ПОШУКУ НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Бондаренко О.В., Устиненко О.В., Бондаренко М.О.

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

Доповідь присвячена побудові генетичного алгоритму (ГА) для раціонального проектування зубчастого циліндричних редуктора.

Розглянуто актуальність поставленої задачі та доведено необхідність розробки алгоритму збільшення пробних точок при ЛПт-пошуку використовуючи ідеологію ГА.

Розглянуто основні теоретичні положення методу ЛПт-пошуку, які дають змогу оцінити можливості цього методу та проаналізувати перспективи його використання у ГА. Розглянуто основні теоретичні положення, що стосуються ГА. Приведено аналіз основних генетичних операторів обрання батьків, схрещування та мутацій. Проведено оцінку основних генетичних операторів за їх продуктивністю та зручністю використання сумісно з ЛПт-пошуком, і визначено їх вибір для запропонованого алгоритму. Розглянуто можливі варіанти модифікацій послідовностей ГА, завдяки яким можливо збільшити кількість пробних точок для зондування простору параметрів.

Надано алгоритм, який дає змогу значно збільшити кількість життєздатних особин, тобто пробних точок, що задовольняють числовим та функціональним обмеженням задачі, тим самим нівелювати недолік обмеження на максимально можливу кількість пробних точок у ЛПт-пошуку.

Відповідно до алгоритму, початкова популяція обирається за ЛПт-послідовністю, потім вона проходить селекцію, тобто перевірку функціональних умов задачі. Особини, що пройшли перевірку, утворюють життєздатне покоління, яке залучається до схрещення за стратегією раптіхія. Батьки не відкидаються і разом з нащадками формують групу, що знов проходить селекцію. Проходячи певне число циклів, популяція життєздатних особин поступово розширюється. Кількість циклів визначається проектувальником окремо для кожної задачі експериментально, або може бути динамічною величиною та обмежуватися. Після виходу з циклу результуюча популяція проходить аналіз за цільовою функцією та сортування за цим показником. На виході маємо одну лідируючу точку.

Таким чином, створено логіко-структурну базу для подальшої реалізації та апробації запропонованої модифікації ГА.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕЛЕКТРОВОЗА ВЛ-80

Буряковский С.Г., Рябов Є.С., Асмолова Л.В., Озулу А.Б.

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

Електровози ВЛ-80 працюють в транспортній системі України з 1979 року. В електровозах цієї серії використовуються тягові двигуни постійного струму послідовного збудження, та реостатно-контактна система регулювання швидкості. Електрообладнання електровоза морально застаріле, а система регулювання не є енергоефективною. Проблема безколекторного тягового приводу вже вирішена науковими школами вітчизняних вчених. Сучасні підходи до якості та швидкості перевезень потребують необхідності використання асинхронних двигунів в якості тягових разом з перетворювачами частоти. З метою більш детального дослідження асинхронного електроприводу та його особливостей роботи на рухомому складі, виникла необхідність в розробці імітаційної моделі. Для цього була створена математична модель електровоза ВЛ-80 з асинхронним тяговим приводом та цифровою системою керування у середовищі «Simulink» програми «Matlab» [1,2,3], яка показана на рисунку 1.

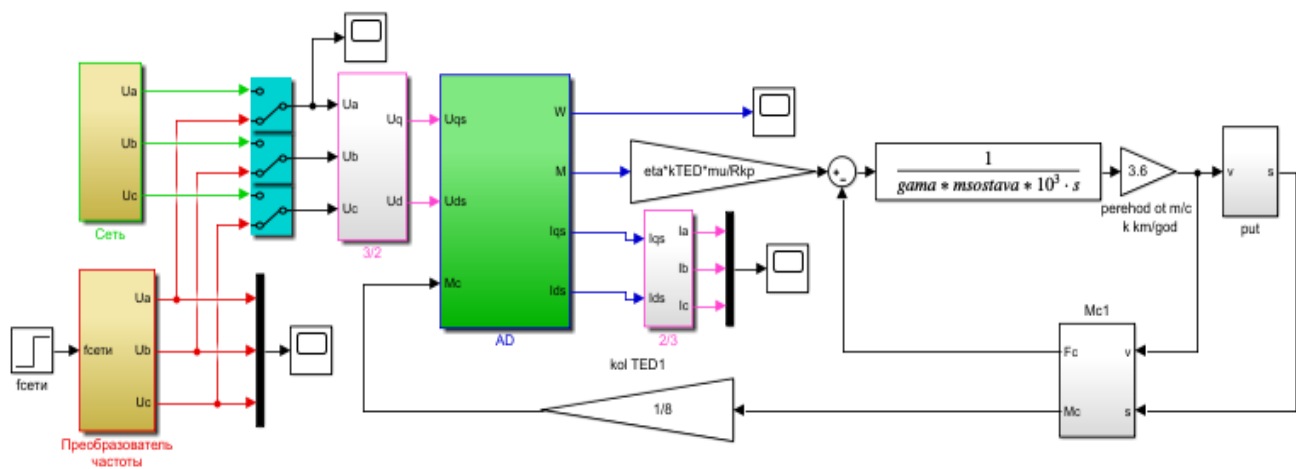


Рис. 1 – Математична модель електровоза ВЛ-80 з асинхронним приводом

Література:

1. Чиликин М.Г. Теория автоматизированного электропривода / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер – Москва: Издательство «Энергия», 1976. – с.616.
2. Герман-Галкин С.Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – С-П: Издательство «КОРОНА-век», 2008. – с.368.
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт 1985. – с.287.

ОПТИЧНІ МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯВИЩА КАВІТАЦІЇ

¹Вашист Б.В., ¹Хованський С.О., ¹Павленко І.В., ²Гречка І.П., ²Бібік Д. В.

¹ Сумський державний університет, м. Суми

**² Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків**

Розвиток високопродуктивного гідравлічного обладнання потребує ретельного вивчення гідромеханічних процесів, що відбуваються у його проточній частині. Зокрема, явище кавітації, яке виникає у потоках рідини, супроводжуватися появою віброакустичних ефектів і ерозій та впливає на працездатність насосного обладнання. Поява кавітації призводить до зниження продуктивності насосів. Але існують пристрої, у яких важливу роль відіграє саме поява кавітаційних бульбашок (високошвидкісні підводні апарати, медичні прилади тощо). Кавітаційний потік складно піддається моделюванню, а існуючі моделі не у повній мірі відображають особливості процесу.

Для візуального спостереження за процесом кавітації у потоці рідини застосовується швидкісна фото- або відеофіксація з використанням стробоскопічного освітлення. При цьому, до місця зародження кавітації направляється пучок світла, який потрапляє через потік рідини до фотоприймача. Світловий потік блокується утвореними кавітаційними бульбашками і пристрій відображає чорні плями. Розвиток систем високошвидкісної цифрової фіксації дозволяє візуально досліджувати процес кавітації, вимірювати кінетику утворення бульбашок, їх форму та розміри. Для визначення місця появи кавітаційних бульбашок необхідно синхронізувати систему відеоспостереження з акустичними приладами.

Для моделювання циклів кавітації досліджується швидкість потоку рідини навколо кавітуючих бульбашок із застосуванням LDV-методу. Промені зі стаціонарного джерела перетинаються в області потоку, утворюючи інтерференційну картину, що відбивається від об'єктів і фіксується нерухомим приймачем. Лазерні промені з різними довжинами хвиль дозволяють вимірювати компоненти швидкості потоку. Потік з низьким вмістом кавітаційних каверн досліджується методом візуалізації PIV, який використовується для вимірювання компонентів швидкості потоку у зоні, що підсвічується імпульсним лазерним світлом, з подальшим цифровим обробленням отриманих зображень. Потік рідини щільно заповнюється індикаторами і підсвічується імпульсним лазерним випромінюванням. Після цього декілька зображень порівнюються, визначаючи переміщення трасерів за даний проміжок часу. Збільшення кількості індикаторів дозволяє визначити просторовий розподіл швидкостей у підсвіченій області. Окрім лазерного випромінювання використовують також рентгенівське.

Таким чином, у роботі виконано аналіз сучасних методів дослідження явища кавітації оптичними засобами. Наведена загальна класифікація оптичних пристроїв для реалізації експериментальних досліджень кавітації, а також визначені сфери їх застосування.

НОВА РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА РЕСУРСУ ВІТРО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

¹Веретельник О. В., ¹Ткачук М. А., ²Веретельник Ю. В.

¹*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,*

²*ТОВ «БІП Україна», м. Харків*

Головна ідея розробки – перемістити наукові міні-лабораторії для оперативного дослідження напружено-деформованого стану до об'єкту дослідження. За традиційним підходом об'єкт дослідження розміщується в лабораторних умовах. Це приводить до істотних втрат часу і ресурсів. У деяких випадках (наприклад, коли об'єкт безперервно працює – вітроенергетична установка (ВЕУ)) неможливо виконати це взагалі. Ось чому створення мобільної установки, яка виконувала б чисельні і експериментальні дослідження напружено-деформованого стану (НДС) оперативно на досліджуваному об'єкті – ВЕУ, є актуальною задачею. Як методи дослідження були обрані метод скінчених елементів (МСЕ) і технологія голографічної інтерферометрії (ТГІ). МСЕ - один з найбільш потужних сучасних числових методів, який може бути реалізований на сучасних високопродуктивних персональних комп'ютерах. ТГІ - безконтактний оптичний метод, який не вносить похибок у процесі вимірювання деформації досліджуваного об'єкту.

Запропонована модульна структура досліджень. Важливо, що всі теоретичні методи, що використовуються, базуються на новому оригінальному авторському підході. Він полягає в узагальненому параметричному описі складних механічних систем (СМС). Розглядаються 3 моделі об'єкта (у даному випадку – ВЕУ): математична M , чисельна N та фізична Ph :

$$L_M(u_M, p_M, t) = 0; \quad (1) \quad L_N(u_N, p_N, t) = 0; \quad (2) \quad L_{Ph}(u_{Ph}, p_{Ph}, t) = 0, \quad (3)$$

де L - оператор; u - змінна стану; p - параметри, що варіюються; t - час; M , N , Ph – індекси, що ідентифікують математичну M , чисельну N та фізичну Ph моделі. Фізичні параметри дуже важко адекватно визначити, оскільки останнє рівняння не відповідає реальним об'єктам, що складаються з багатьох елементів та мають складну структуру. Окрім того, математична модель базується на деяких припущеннях та ідеалізації, і тому не повністю відповідає фізичним процесам, які важливі для цього об'єкту. Чисельна модель - апроксимація математичної моделі. Чисельний результат може бути отриманий у межах похибки, яка залежить від параметрів моделі, що не можуть бути визначені заздалегідь. Ця невідповідність може бути виключена за допомогою ітеративного процесу уточнення. Це дає можливість описати процес, що вивчається, з будь-якою необхідною мірою точності, аби виявити приховані дефекти і передбачити їх появу в складних об'єктах. Цей підхід найбільш прийнятний для дослідження нелінійних процесів та явищ, як, наприклад, повзучість, пластичність, руйнування та пошкоджувальність, контактна взаємодія. тощо.

МАТЕМАТИЧНЕ І КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ СЕГМЕНТІВ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА ПІСЛЯ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ

Веретельник О. В.¹, Ткачук М. М.¹, Попов А.І.²,

Диннік О.А.², Тимченко І.Б.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

*²ДУ «Інститут патології хребта та суглобів,
ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», м. Харків*

З метою визначення ефективності тих чи інших схем оперативного лікування патологій і травм поперекового відділу хребта найбільш доцільно на теперішній час застосування комплексу математичних методів і моделей, в тому числі із залученням засобів комп'ютерного моделювання. Зокрема, в разі різних видів травм поперекового відділу хребта в роботі пропонується установка міжтілових опор (ендопротезів) із титанових конструкцій.

Елементи біомеханічної системи, утвореної із сегмента поперекового відділу хребта і ендопротеза, піддаються в післяопераційний період комплексу силових впливів від вище розташованих мас. У результаті в цій біомеханічній системі виникає напружено-деформований стан, який визначається типом патології або способом оперативного лікування, конструктивним варіантом ендопротезування. Таким чином, серед чинників, які впливають на характеристики міцності та жорсткості утвореної біомеханічної системи, є об'єктивно некеровані чинники, а є чинники, за допомогою яких можна впливати на напружено-деформований стан. Зокрема, в цій роботі як такі обрані різні варіанти конструкцій внутрішніх ендопротезів.

Ставиться завдання визначення залежності характеристик міцності і жорсткості утвореної біомеханічної системи від варійованих параметрів і обґрунтування на цій основі їх раціональних величин за критеріями збереження функціональності, малотравматичності, міцності, жорсткості та мінімізації термінів післяопераційної реабілітації. Оскільки розроблені методи і моделі для вирішення цього завдання натеper вирішують поставлене завдання не в повному обсязі, то для його вирішення потрібна розробка вдосконалених математичних і комп'ютерних моделей досліджуваної біомеханічної системи, проведення комп'ютерного моделювання її напружено-деформованого стану, аналіз отриманих результатів і формування на цій основі відповідних рекомендацій.

З цією метою пропонується дослідження поперекового хребетно-рухового сегменту після проведення установки міжтілового ендопротеза за допомогою комп'ютерного моделювання, яке дає можливість визначити компоненти напружено-деформованого стану як повної біологічної і біомеханічної систем, так і окремо розглянутих елементів цих систем, що, у свою чергу, дає можливість вибрати методику оперативного лікування.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ МЕЖКОЛЕСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ КРИВОЛИНЕЙНОМУ ДВИЖЕНИЮ ПОЛНОПРИВОДНОГО АВТОМОБИЛЯ ПО ДОРОГАМ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ

Волонцевич Д.О., Веретенников Е.А., Мормило Я.М.

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

Потребность в межколесных дифференциалах (МКД) возникла сразу же после появления первых автомобилей с приводом на два колеса одной оси. Однако, применение классических открытых МКД резко снижает проходимость машины. Вторым вариантом решения проблемы с буксованием было изобретение целой группы дифференциалов повышенного трения. В зависимости от конструктивного исполнения это могут быть дифференциалы с дополнительным блокировочным моментом, который зависит от нагрузки или от разницы угловых скоростей полуосей, которые описаны в [1-3].

В данной работе был проведен сравнительный анализ классического (открытого) конического симметричного дифференциала, полностью заблокированного дифференциала и дифференциалов повышенного трения различных типов с различными значениями коэффициентов настроек с точки зрения влияния конструкции дифференциала на траекторию движения и потери мощности для обеспечения криволинейного движения по заданной траектории [4].

По результатам работы сделаны следующие выводы:

1. Полученные сравнительные данные приведены для заданных значений коэффициентов настройки системы, поэтому для окончательных выводов о целесообразности использования того или иного дифференциала повышенного трения нужно проводить полноценную оптимизацию по коэффициентам настройки.

2. Для выбранного диапазона изменения коэффициентов настройки системы и малых углов поворота управляемых колес во всем диапазоне скоростей и по сопротивлению повороту, и по возрастанию радиуса поворота преимущество имеют МКД, с блокировкой зависящей от разности скоростей колес.

3. Для больших углов поворота управляемых колес в первых трех четвертях диапазона безопасных скоростей также преимущество имеют МКД, в которых степень блокировки зависит от разности скоростей колес.

Литература:

1. Проектирование полноприводных колесных машин: Учебник для вузов: в 3 т., Т.2 / Б.А. Афанасьев, Л.Ф. Жеглов, В.Н. Зузов и др.; Под ред. А.А. Полунгяна. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 528 с.: ил. 2. Павлов В.В. Проектировочные расчеты транспортных средств специального назначения (ТССН): учеб. пособие / В.В. Павлов. – М.: МАДИ, 2014. – 116 с. 3. Andreev AF, Kabanau V, Vantsevich V. Driveline Systems of Ground Vehicles: Theory and Design. 2010. CRC Press (Series: Ground Vehicle Engineering). 4. Келлер А.В. Методологические принципы оптимизации распределения мощности между двигателями колесных машин / А.В. Келлер // Вестник ЮУрГУ, – 2006. – №11, – С. 96–101.

ДИНАМИКА ПОВОРОТА ПЕРСПЕКТИВНОГО ГУСЕНИЧНОГО МНОГОЦЕЛЕВОГО ТРАНСПОРТЕРА–ТЯГАЧА С БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Волонцевич Д.О., Карпов В.О., Ефремова А.И., Болжаларский А.А.

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

Электрические трансмиссии в последнее время находят все более широкое распространение не только в гражданской, но и в военной технике. Это связано с тем, что электрические трансмиссии для гусеничных машин позволяют обеспечить ряд преимуществ, указанных в [1].

Целью представленной работы является исследование динамики поворота гусеничной машины с электромеханической трансмиссией, на примере тягача МТ-ЛБ с ведущими мотор-колесами.

В работе [1] была проведена оценка необходимой мощности тяговых электродвигателей и определены передаточные отношения механических редукторов для обеспечения требуемой динамичности разгона и прямолинейного движения. Однако для гусеничных машин режим поворота, в том числе разворота на месте, является одним из наиболее тяжелых режимов для двигателя и трансмиссии. В данной работе представлены результаты оценки необходимой мощности тяговых электродвигателей при уже выбранных ранее передаточных отношениях механических редукторов для обеспечения требуемой интенсивности разворота на месте гусеничного тягача МТ-ЛБ с электромеханической трансмиссией.

В работе представлены зависимости скорости разворота машины от выбранной мощности тяговых электродвигателей для грунтов с различными коэффициентами сопротивления повороту. На основании проведенного моделирования процесса разворота машины на месте и криволинейного движения по методикам [1-3] можно сделать вывод о том, что при корректном расчете параметров тяговых электродвигателей и механических редукторов можно существенно повысить подвижность и управляемость гусеничной машины за счет бесступенчатого регулирования скорости движения и радиуса поворота, а также за счет рекуперации мощности при торможении и в повороте.

Литература:

1. Волонцевич Д.О. Тяговый баланс перспективного гусеничного многоцелевого транспортера–тягача с бортовой электромеханической трансмиссией / Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников, А.И. Ефремова, А.С. Яремченко, М.И. Прокопьев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 5 (1227). – С. 162-167.
2. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 292 с.
3. Александров Е.Е. Тягово-скоростные характеристики быстроходных гусеничных и полноприводных колесных машин. / Е.Е. Александров, В.В. Епифанов, Н.Г. Медведев, А.В. Устиненко. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2007. – 124 с.

ДИНАМИКА ПОВОРОТА ПЕРСПЕКТИВНОГО КОЛЕСНОГО БРОНЕТРАНСПОРТЕРА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Волонцевич Д.О., Костяник И.В., Яремченко А.С.

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

Электрические трансмиссии в последнее время находят все более широкое распространение не только в гражданской, но и в военной технике. Это связано с тем, что электрические трансмиссии для военных колесных машин позволяют обеспечить ряд преимуществ, указанных в [1].

Целью представленной работы является исследование управляемости колесного бронетранспортера с электромеханической трансмиссией при использовании бортового способа поворота. Электромеханическая трансмиссия выполнена в виде мотор-колес, рассмотренных в [1], на основе тяговых электродвигателей EMRAX 348 (Словения) и M73 (Германия).

В работе произведен рациональный выбор передаточных отношений планетарных колесных редукторов и определение мощности, необходимой для осуществления поворота с требуемым радиусом на различных скоростях.

На основании расчетов, проведенных по методикам [2, 3] в работе сделаны выводы о том, что:

1. Электродвигатели EMRAX 348 и электродвигатели M73 позволяют осуществлять поворот заданного радиуса с необходимой скоростью при соответствующих передаточных числах колесных редукторов. При этом по управляемости перспективный бронетранспортер существенно превосходит аналогичные существующие образцы с механической трансмиссией.

2. При использовании электромеханической трансмиссии бортовой способ поворота требует более высоких энергетических затрат, но существенно повышает управляемость машины и не существенно влияет на энергетический баланс машины.

3. В связи с отсутствием поворачивающихся управляемых колес, размещение электродвигателей допускается как в самом колесе, так и внутри бронированного корпуса при осуществлении привода колес карданными передачами.

Литература:

1. Волонцевич Д.О. Тяговый баланс перспективного колесного бронетранспортера с электромеханической трансмиссией / Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников, Я.М. Мормило, А.С. Яремченко, В.О. Карпов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 5 (1227). – С. 168-173. 2. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 292 с. 3. Александров Е.Е. Тягово-скоростные характеристики быстроходных гусеничных и полноприводных колесных машин. / Е.Е. Александров, В.В. Епифанов, Н.Г. Медведев, А.В. Устиненко. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2007. – 124 с.

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ПОДРЕССОРИВАНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Воронцов С.Н.

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

В настоящее время особое внимание уделяется модернизации военной техники, что является одним из способов поддержания боеспособности армии на требуемом уровне. Как правило, модернизация приводит к росту мощности двигателя и массы машины, и, как следствие, увеличению нагрузок на элементы трансмиссии, ходовой части. Это приводит к необходимости увеличения энергоемкости системы подрессоривания (СП) [1].

Увеличения энергоемкости СП выражается в увеличении ходов опорных катков и, следовательно, повышении напряжений кручения в торсионных валах, а для гидравлического амортизатора (ГА) – в увеличении демпфирующих усилий. Чтобы повысить демпфирующую способность ГА, нужно увеличить работу, совершаемую им за цикл, вследствие чего неизбежен рост температуры рабочей жидкости. Для ограничения этого роста, что необходимо в целях обеспечения нормальной работы рабочей жидкости и уплотнительных элементов ГА, следует повышать его теплоотдачу в окружающую среду [2].

Одним из способов улучшения плавности хода и снижения перегрева гидравлических амортизаторов является установка дополнительных демпфирующих устройств, которые вступают в действие в конце динамического хода катка, работая совместно с основным амортизатором. Примером данного устройства может быть гидравлический буфер (ГБ), конструкция и принцип действия которого описан в работе. Разнесение демпфирующих элементов на амортизатор и гидравлический буфер позволяет сохранить суммарную работу за цикл, при необходимости, позволяет существенно повысить энергоемкость подвески, разгрузить основные демпфирующие устройства, снизить нагрев рабочей жидкости амортизаторов.

Для получения необходимых показателей плавности хода гусеничной машины необходимо провести комплексное исследование совместной работы гидравлического амортизатора и гидробуфера для выбора их рациональных характеристик.

Литература:

1. Дущенко В.В. Выбор оптимальных параметров гидравлических подрессорников / Дущенко В.В., Воронцов С.Н. // Механіка та машинобудування. –1999. –№1.–С.192-200.
2. Дущенко В.В. К вопросу о выборе характеристики обратного хода демпфирующего устройства подвески гусеничной машины / Дущенко В.В., Воронцов С.Н. // Механіка та машинобудування. –2002. –№1. –С. 90-92.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВС И ЭНЕРГОУСТАНОВОК С ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

Гладкова Н.Ю.

***Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины,
г. Харьков***

На современном этапе развития научно-технического прогресса и современного темпа развития производства, а вместе с ним и роста производства энергии наибольшее количество необходимой человечеству механической энергии производят двигатели внутреннего сгорания (ДВС). При этом ДВС являются основными потребителями продуктов нефтепереработки и некоторой части газа и продуктов переработки угля и, как следствие, наносят наибольший вред окружающей среде, что обусловлено загрязнением атмосферы выбросами вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) двигателей.

Одной из глобальных проблем, в том числе и в Украине, является обеспечение экономии природных ресурсов и защита окружающей среды. Поэтому разработка методов улучшения экологических показателей ДВС и энергоустановок (ЭУ) с их использованием остается одной из важнейших задач. Для уменьшения или по крайней мере, сдерживания роста суммарных выбросов вредных веществ с ОГ двигателей внутреннего сгорания в мировой практике интенсифицируются работы по дальнейшему поиску рациональных способов снижения токсичности ДВС. На современном этапе можно выделить несколько направлений, по которым проводятся такие работы: совершенствование рабочего процесса и конструкции двигателей; совершенствование используемых топлив, а также замена их альтернативными; разработка и совершенствование устройств, уменьшающих токсичность ОГ.

Одним из перспективных методов снижения токсичности ОГ является использование водорода в качестве добавки к топливу. Пределы воспламенения, скорость распространения пламени у водорода выше, чем у углеводородных моторных топлив. Также водород обладает высокой скоростью диффузии, что обуславливает его способность образовывать однородную смесь в камере сгорания за очень короткий промежуток времени. Эти свойства водородно-воздушной смеси позволяют по новому подойти к организации процесса сгорания в поршневом двигателе, существенно снизить уровень выбросов вредных веществ с ОГ, и снизить расход углеводородного топлива. Аккумулятором водорода в этом случае могут служить баллоны или металлогидриды. Перспективным также является получение водорода на борту транспортного средства, или в системах, входящих в состав автономной ЭУ с ДВС, при помощи электролизеров или плазменного риформинга для получения обогащенного водородом газа непосредственно из топлива.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Грабовский А. В., Васильченко Д. Р., Шеманская В. В., Коба А. Н.,
Мерецкая К. А., Васильева Т. А., Набоков А. В.**

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

В настоящее время в связи с бурным развитием систем автоматизированного проектирования (САПР) в мире резко возросла роль последних в осуществлении проектных, исследовательских, а также работ по технологической подготовке производства. Это системы типа Creo, SolidWorks, CATIA и др. При этом наибольшее распространение из САПР (включают в себя CAD, CAM, CAE) получили системы CAD (проектирование), CAM (технологическая подготовка производства). В Украине их лицензионные версии приобрели крупные и средние предприятия и КБ, а также десятки и сотни некрупных фирм. Цена оснащения одного рабочего места конструктора или технолога достаточно высока. В то же время, очень редко используются лицензионные версии систем автоматизированного исследования (так называемые CAE-системы). Их цена составляет сотни тыс. долл. Это системы типа ANSYS, Nastran, Abaqus и др. Потребность в этих системах (вернее, в проектах, подтвержденных расчетами, выполненными с использованием лицензионных версий этих программных продуктов) очень велика, а в ближайшее время, особенно для экспортеров, эти исследования станут обязательными для обоснования технических характеристик проектируемых и изготавливаемых изделий. Таким образом, на рынке внедрения САПР наметился серьезный дисбаланс, обусловленный острым дефицитом CAE-систем, внедренных в фирмах, КБ, НИИ на правах лицензионного коммерческого программного обеспечения. Учитывая высокую единичную стоимость CAE-систем, а также необходимость решать при проектировании различные исследовательские задачи (кинематика, напряженно-деформированное состояние, вибрации, тепловые задачи, электромагнетизм и т.д.), само по себе механическое решение проблемы отечественными фирмами путем приобретения лицензионных коммерческих версий этих систем экономически неоправданно в силу следующих обстоятельств: сама стоимость системы CAE может составлять 0,5-2,0 млн. долл.; для установки и эксплуатации систем CAE требуется дорогостоящее аппаратное обеспечение (АО); сопровождение функционирования АО и ПО потребует содержание штата системных и прикладных программистов, инженеров и техников. Учитывая весь комплекс обстоятельств, в НТУ «ХПИ» создан научно-инженерный центр, целью и содержанием работы которого является оказание услуг на проведение НИР с использованием лицензионного программного обеспечения.

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБІЛЬШЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ТЯГОВИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ

Громова О.В., Бобрицький С.В., Громов В.І.

*Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків*

Обґрунтована доцільність підвищення надійності тягового рухомого складу за рахунок збільшення технічного ресурсу основних модулів його конструкції, до яких відносяться тягові приводи.

Проаналізовано особливості конструкції і експлуатації тягових приводів сучасного рухомого складу залізниць.

Виділена значна роль тягових зубчатих передач (ТЗП) в забезпеченні його надійності. Розглянуто резерви збільшення залишкового ресурсу ТЗП за рахунок їх оптимізаційного проектування та ремонту.

Запропоновано удосконалений метод оптимізаційного проектування ТЗП, використання якого дозволить підвищити залишковий ресурс нових шестерень та зубчатих коліс в порівнянні з серійними від 8 % до 20 % . Також, зазначено, що на залишковий ресурс ТЗП визначальний вплив здійснює обраний при проведенні ремонтів варіант їх комплектації, а саме, підбір парних варіантів шестерень та зубчатих коліс для подальшої експлуатації за умов отримання найкращих характеристик зачеплення. Підкреслена значна роль оцінювання економічної ефективності збільшення залишкового ресурсу ТЗП.

Подано методику розрахунку економічного ефекту від впровадження запропонованих технічних рішень. Методика враховує ремонтно-експлуатаційний аспект формування економічної ефективності за рахунок використання розробленого розрахунково-експериментального методу з підвищення залишкового ресурсу шестерень та зубчастих коліс ТЗП рухомого складу в експлуатації. Наведено приклад використання розробленої методики для оцінювання економічної ефективності збільшення залишкового ресурсу ТЗП електропоїздів серії ЕР-2 за рахунок удосконалення технології їх ремонту.

ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОРЕОЛОГІЧНИХ ЕЛАСТОМІРІВ У СИСТЕМАХ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Дущенко В.В., Маслієв А.О

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

Для підвищення показників рухливості транспортних засобів (ТЗ) при русі по нерівностям з високими швидкостями доцільно застосувати керування характеристиками їх систем підресорювання (СП). Вирішити дану проблему можливо шляхом застосування у підвісці альтернативних матеріалів, які можуть змінювати свої властивості під зовнішнім впливом. До таких матеріалів належать магнітореологічні еластomers (МРЕ), модулі пружності, зсуву та втрат яких змінюється під впливом магнітного поля.

Аналіз публікацій показав, що на часі досліджено зразки в основному невеликих розмірів та їх малі деформації, а також недостатньо досліджено швидкодія процесів керування, та її залежить від співвідношення в'язкісних та пружних властивостей МРЕ. Не достатньо досліджено і співвідношення зростання модуля пружності та модуля втрат.

Метою роботи є визначення закономірностей функціонування, особливостей конструктивного виконання вузлів та формулювання вимог до МРЕ при їх застосуванні для керування пружними і демпфіруючими характеристиками СП колісних ТЗ, що забезпечить підвищення показників рухливості даних машин.

При дослідженнях зразків із МРЕ с умовах стенду, отримано їх статичні механічні характеристики, та виявлено, що керуюче магнітне поле в більший мірі впливає на модуль втрат, ніж на модуль пружності. Динамічні випробування показали, що при включенні керуючого магнітного поля з індукцією $B = 0,6$ Тл амплітуди резонансних коливань маси зменшуються вдвічі, за час 2,34 с. Зменшення амплітуд відбувається в основному за рахунок зростання модуля втрат. Тому подальше зменшення амплітуд коливань доцільно здійснювати за рахунок його збільшення шляхом підвищення магнітної проникності МРЕ.

Шляхом математичного моделювання руху ТЗ по шляху з типовими нерівностями, визначено закони керування характеристиками модулів втрат та пружності шарнірів важелів з МРЕ, та обрано раціональні величини їх модулів втрат і пружності. Це дозволило підвищити мінімальні прохідні висоти нерівностей на 35...42 % в усьому діапазоні швидкостей руху ТЗ та довжин нерівностей. Визначено межі необхідної зміни характеристик модулів втрат та пружності шарнірів важелів при здійсненні їх керування, що є важливим при формулюванні вимог до самих МРЕ, розробці робото-спроможних конструкцій та забезпечення їх незначного енергоспоживання.

КУТИ НАХИЛУ І ПАРАМЕТРИ ПЛАНУ ШЛЯХУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ КОЛІЇ 1520 ММ

Єріцян Б.Х., Якунін Д.І.

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

Інфраструктура залізничного транспорту створювалася, в основному, в 19 столітті, коли швидкості не перевищували значення 100 км/год. При прийнятих тоді геометричних параметрах шляху (радіуси кривих, піднесення рейки) і використанні звичайних вагонів, швидкість вище 130 км/год була можлива тільки на обмежених ділянках між кривими. Тому в середині 20-го століття в Європі почалися інтенсивні роботи зі створення рухомого складу для досягнення більш високих швидкостей руху на існуючих лініях. Розмова йде про рухомий склад, який більшу частину шляху між зупинками може переміщатися зі швидкостями від 160 до 200 км/год. Такий транспорт прийнято називати швидкісним залізничним транспортом.

Рішення було знайдено у створенні вагонів з пристроями нахилу кузовів для компенсації поперечного прискорення при проходженні кривих з підвищеною швидкістю. Поїзда, що володіють здатністю до нахилу вагонів всередину кривих, називають поїздами з кузовами, що нахиляються. Їх впровадження дає можливість обмежитися мінімальним обсягом реконструкції існуючих дорожніх споруд.

Для переміщення рухомого складу зі швидкостями від 160 до 200 км/год на існуючих лініях при їх мінімальній реконструкції використовуються поїзди з кузовами, що нахиляються. В якості приводів для нахилу вагонів застосовуються пневматичні, гідравлічні і електромеханічні системи. Останні включають в себе ротативний електричний двигун, редуктор і передачу типу «гвинт-гайка». Поряд з незаперечними перевагами над першими двома типами електромеханічні системи мають проблеми, пов'язані з перетворенням обертального руху ротора двигуна в поступальний рух важелів виконавчого механізму нахилу. Якщо для електромеханічного перетворення енергії використовувати лінійний двигун, що перетворює електроенергію безпосередньо в поступальний рух, цих проблем вдається уникнути.

Вибір параметрів і режимів роботи приводу нахилу кузова багато в чому визначається величиною необхідного кута нахилу θ . Його знаходження пов'язано з необхідністю забезпечити максимальну швидкість проходження кривої $V_{\max}$ в межах існуючих залізниць України. В роботі визначається і обґрунтовується вибір двох найважливіших показників, які є вихідними для знаходження параметрів та характеристик пристроїв системи нахилу – необхідного кута нахилу і максимальної швидкості руху поїзда в кривій.

Отримані результати і масогабаритні параметри рухомого складу дозволяють побудувати навантажувальну характеристику нахилу кузова з тим, щоб на її основі вибрати геометрію та електрофізичні показники, а також отримати тягову характеристику лінійного двигуна, що забезпечує нахил кузова в необхідних діапазонах з необхідними прискореннями.

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА СИСТЕМ АНАЛІЗУ І СИНТЕЗУ НАДСКЛАДНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

¹Зарубіна А. О., ¹Ткачук М. А., ¹Храмцова І. Я., ¹Бондаренко Л. М.,

²Веретельник Ю. В., ¹Ткачук Г. В., ¹Кротенко Г. А.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²ТОВ «БІР Україна», м. Харків

Метою роботи є створення принципово нової технології, методів та засобів на основі оригінальних розрахунково-експериментальних методів (РЕМ) дослідження напружено-деформованого стану (НДС) складних об'єктів на базі методів скінченних елементів (МСЕ) та голографічної інтерферометрії (ГІ) з метою підвищення точності, оперативності досліджень, зменшення їх вартості та забезпечення високої достовірності розрахункових моделей

Актуальність та важливість проблеми пояснюється тим, що не існує систем досліджень міцності та жорсткості, що володіють універсальністю, повним урахуванням усіх аспектів умов експлуатації та навантаження елементів досліджуваних об'єктів, безпосереднім зворотним зв'язком у ланцюгу дослідник–модель–об'єкт. Окремі з цих недоліків усуває запропонована технологія, а саме: організується зворотній зв'язок при побудові розрахункових моделей у ланцюгу дослідник–модель–об'єкт. При цьому галузь застосування даної технології – від складних технічних об'єктів до біологічних організмів. Крім того, на теперішній час відсутні методи досліджень, що орієнтовані на врахування індивідуальних особливостей структури, параметрів та властивостей матеріалу об'єктів. Наприклад, достатньо складною проблемою є створення індивідуальної розрахункової моделі елементів опорно-рухового апарату конкретної людини. Це пояснюється суттєвою відмінністю розмірів цих елементів у кожної людини, властивостей матеріалу, фізіологічного стану організму та його систем, патологічними особливостями і т.п. Це саме стосується і технічних об'єктів, особливо якщо їх характеристики дуже чутливі до змін деяких параметрів. Наприклад, незначні на перший погляд відмінності геометричних форм лопаток турбін та крильчаток (енергетичних установок) призводять до значних відмінностей частот їх власних коливань. Це, в свою чергу, є дуже важливим параметром силової установки, оскільки пов'язане з поведінкою всього об'єкту на робочих частотах обертання валу. Для деяких об'єктів характерною особливістю є наявність великої кількості густо розміщених отворів, вирізів, зон різкої зміни геометричної форми. При цьому конструктивні параметри дуже сильно впливають на жорсткісні та міцнісні характеристики цих тіл. Особливе значення описана проблема має для унікальних та дуже дорогих технічних об'єктів, які виготовляють індивідуально (або взагалі ці об'єкти існують в одному екземплярі).

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОБ'ЄМНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ ХРЕБТА ТА НАСЛІДКІВ ЦИХ ОПЕРАЦІЙ

¹Зарубіна А. О., ¹Ткачук М. М., ¹Грабовський А. В., ¹Веретельник О. В.,

¹Ткачук М. А., ²Радченко В. О., ²Піонтковський В. К., ²Барков О. О.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка

НАМН України», м. Харків

Сучасна ортопедія розвивається за рахунок підвищення технічної забезпеченості оперативних втручань, причому не тільки на етапі їх виконання, а й на етапі планування. Досить складно знайти іншу галузь медицини, де індивідуальні особливості людини так впливають на результати лікування, як ендопротезування. Однак до сьогоднішнього часу виконання ендопротезування суглобів у більшості випадків зводиться до підгонки кісток пацієнта під стандартні конструкції протезів. Тому маємо велику кількість і приблизно однакові результати операцій. Виготовлення індивідуальних ендопротезів - це, безумовно, вирішення проблеми, однак дуже дороге. Однак вихід є. Можливо значно поліпшити результати, встановлюючи ендопротези з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнтів. Це можливо досягнути за рахунок доопераційного моделювання самої операції та прогнозування поведінки опорно-рухового апарату після операції.

Поряд з ендопротезуванням суглобів дуже важливим є моделювання хірургічних втручань при захворюваннях та пошкодженнях хребта. Мова йде про моделювання у трьох площинах, прогнозування подальшого розвитку, росту, можливості корекції. Точні розрахунки можливі тільки при використанні комп'ютерно-томографічних об'ємних зображень суглобу. Однак цей метод дослідження також дуже складний. Актуальність та важливість полягає в тому, що в Україні дуже швидко зростає обсяг травм та патологій хребта та опорно-рухового апарату. У той же час відсутні науково обґрунтовані методи вибору типу операцій та параметрів ендопротезів з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнтів. Саме на розв'язання цієї проблеми націлена розробка, що пропонується. Зокрема розроблені: методи аналізу та синтезу елементів біомеханічних систем за критеріями мінімальної травматичності, рухливості, відсутності післяопераційних ускладнень; параметричні моделі хребців, ендопротезів, кістково-металічних блоків, керамічних та титанових кеджів; програмне забезпечення для моделювання поведінки біомеханічних систем у процесі ендопротезування, в післяопераційний період та розробка оптимальних схем операцій ендопротезування. Новим та унікальним у розробці є: 1) індивідуалізація підходу до кожного пацієнта; 2) повне просторове моделювання, дослідження рухомості та напружено-деформованого стану елементів опорно-рухового апарату; 3) прогноз післяопераційної поведінки стану елементів опорно-рухового апарату з ендопротезами; 4) оперативність моделювання.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ

Зінченко О.І., Прокопенко М. В.

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

У роботі розглянуто питання постановки задач оптимізації параметрів кулачкових механізмів у світі системного підходу до проектування. Такі механізми знайшли широке розповсюдження в циклових технологічних машинах і автоматах (рис. 1).

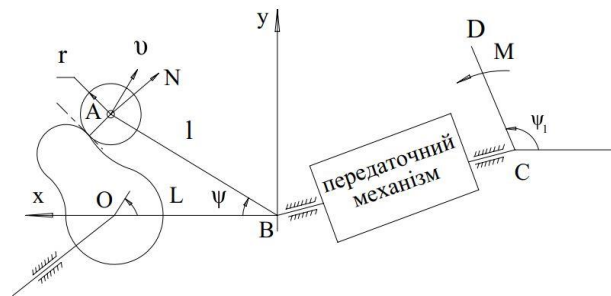


Рис. 1 – Схема механізму з кулачком

Наявність великого числа існуючих критеріїв ускладнює рішення задачі в рамках системного підходу до проектування. Тому шукаються шляхи зменшення кількості обмежень на деякі параметри кулачкового механізму.

За основний критерій оптимізації приймається максимальне значення контактних напружень у вищій парі або максимальна величина нормального зносу профілю кулачка. Доведено, що мінімізація критерію, що характеризує максимальні контактні напруження у вищій парі $F_1(x) = \max_{\varphi \in [0, 2\pi]} \sigma_n(X, \varphi)$, приводить

до зменшення критерію, який характеризує максимальний нормальний знос $F_2(x) = \max_{\varphi \in [0, 2\pi]} \Delta \rho(X, \varphi)$.

Нелінійні обмеження на максимальне значення кута тиску, від якого залежить нормальна реакція N (рис. 1), і мінімальне значення радіусів кривизни випуклої і вогнутої ділянок профілю кулачка найчастіше бувають непотрібними, оскільки в результаті оптимізації параметрів механізму екстремальні значення цих величин автоматично приймуть оптимальні значення. При цьому виключається як випадок заклинювання механізму через наявність великих значень кута тиску, так і підрізання робочого профілю кулачка через малі значення радіуса кривизни випуклої ділянки його теоретичного профілю. Відмова від обмежень на максимальне значення кута тиску і мінімальне значення радіусів кривизни не тільки облегшує рішення задачі оптимізації параметрів, але й збільшує ефект оптимізації.

Наведені роздуми справедливі для випадку, коли відомий діапазон зміни сил, які діють на коромисло кулачкового механізму. При проектуванні реальних механізмів така інформація, як правило, є. Якщо ж сили носять випадковий характер, то відмовлятися від цих обмежень не варто. Тоді в якості цільових функцій треба приймати інші критерії.

ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГУ ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЕПЛОВОЗІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ МНОЖИН

Іванченко Д.А., Іванченко К.В.

*Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків*

Приймальні випробування тепловоза мають завдання по визначенню відповідності деякої множини аспектів вимогам, що забезпечують ефективне використання тепловозів в експлуатації на залізницях. Обсяг цієї множини можливо визначити:

1. Через множину систем, що складають тепловоз.
2. Через множину функції, що повинні забезпечити використання тепловозів в експлуатації.
3. Через множину вимог, що висуваються до тепловоза в цілому та до його окремих підсистем.

Множина систем S (рис. 1) вміщує в себе як базові елементи, що характеризують локомотив саме як тепловоз, так і системи, що надбудовувалися в процесі розвитку конструкції та функціональності тепловозів.

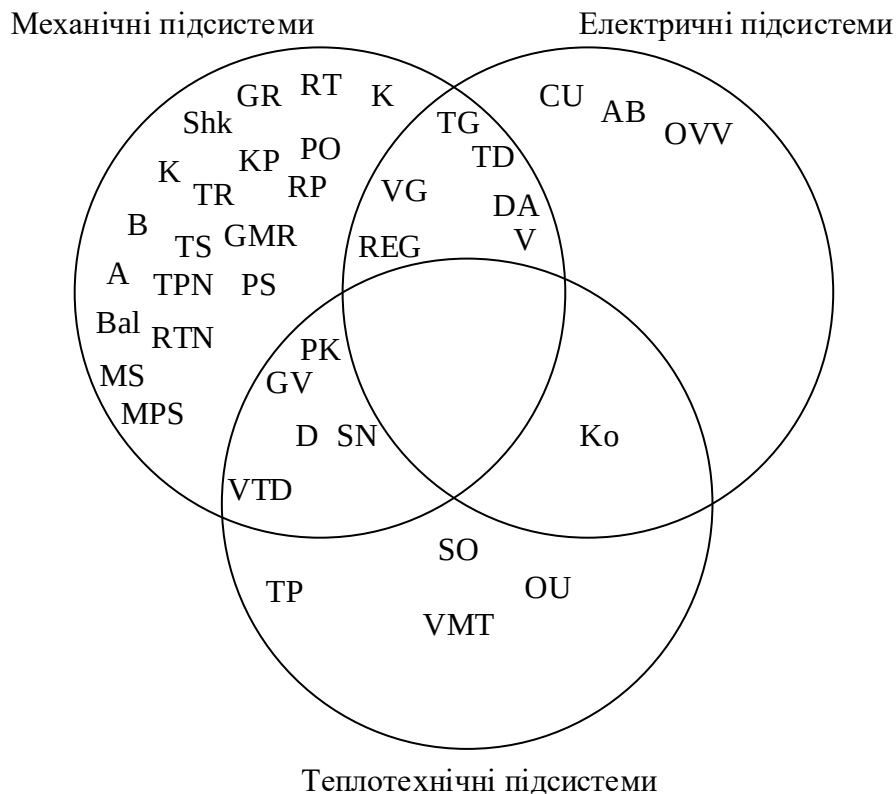


Рисунок 1 - Множини підсистем тепловозів

Дані елементи множини S об'єднуються в такі підмножини:

- механічне обладнання $M \subseteq S$;
- електричне обладнання $E \subseteq S$;
- теплотехнічне обладнання $T \subseteq S$.

Згідно з теорією множин пересічення вказаних множин є множини систем, робота яких пов'язана з різними за природою робочими процесами.

МОДЕЛЬ ПНЕВМАТИЧНОЇ ЧАСТИНИ У КОМБІНОВАНОМУ ПНЕВМО - ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОМУ ПРИВОДІ ДЛЯ НАХИЛУ ВАГОНА

Козьма В.О., Васильєва О.Є., Єріцян Б.Х.

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

При існуючому стані залізничної колії для забезпечення доброї плавності ходу високошвидкісних та швидкісних поїздів, пасажирських вагонів і локомотивів необхідно мати досить «м'яке» ресорне підвішування. З цією метою часто застосовують пневматичне ресорне підвішування. Конструкції з таким підвішуванням дозволяють легше забезпечити нормативну величину статичного прогину 200 мм для пасажирських вагонів і мотор-вагонного рухомого складу, розрахованого на швидкість 200 км/год. Крім цього, таке підвішування володіє як пружними, так і дисипативними властивостями, тобто не вимагає установки спеціального гасителя. У комбінованій системі пневматичні ресори є активними.

В роботі аналізується пневматична система у комбінованому електропневматичному приводі, в яку входить пневморесора, робоча порожнина, яка обмежена діафрагмою, допоміжна пружина і додатковий повітряний резервуар, з'єднаний дросельним отвором з робочою порожниною.

У пневморесори дві основні характеристики – пружна, пов'язана з процесами деформування повітря в основному та додатковому резервуарах, і дисипативна, пов'язана з процесом демпфірування при перетіканні повітря через дросельний отвір між основним і додатковим резервуарами. Додатковий резервуар, обсяг якого зазвичай більше основного обсягу пневморесори, використовується для зниження вертикальної жорсткості пневморесори. Проте, ресора при забезпеченні нахилу кузова має недолік, який полягає в істотних змінах висоти від зміни навантаження.

Для підтримки висоти в межах допустимого діапазону автоматичний пристрій контролю рівня має забезпечувати впуск або випускання повітря. І додаткова витрата повітря, яка має місце при цьому, повинна компенсуватися відповідною роботою компресора.

Математична модель, яка відображає характеристики пневматичної ресори, дозволяє точно оцінювати динамічні характеристики транспортних засобів, в тому числі і при використанні пневморесори в якості складової частини приводу нахилу кузова.

Для моделювання обрана система пневматичного підвішування електропоїзда з наступними параметрами: тиск повітря у пневморесорі – $5,45 \cdot 10^5$ Па, ефективна площа пневморесори $F_e = 0,3$ м², показник політропи стиснення повітря 1,35, початковий загальний об'єм повітря у пневмосистемі 0,1 м³.

Таким чином, отримана модель, що враховує перетікання через дросель повітря як з докритичній, так і надкритичної швидкістю.

DETERMINATION OF FUEL CONSUMPTION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE AS A ECOLOGICAL SAFETY FACTOR

Kondratenko O.M.

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

A promising area of research is the application for assessing the ecological safety level of the exploitation process of power plants with reciprocating ICE of mathematical apparatus of Harrington's generalized desirability function D (see formula (1)) with structure of influencing factors identical to Parsadanov's complex fuel and ecological criterion K_{fe} (see formula (2)). To do this, it is necessary to have data on the ponderability of fuel consumption of ICE G_f as an ecological safety factor [1].

$$D = \sum_{k=1}^n v_k \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n d_k^{v_k}} = \left(\begin{matrix} v_{NOx} + v_{PM} + \\ v_{CnHm} + v_{CO} + \\ v_{ge} \end{matrix} \right) \sqrt[n]{d(g_{NOx})^{v_{NOx}} \cdot d(g_{PM})^{v_{PM}} \cdot d(g_{CnHm})^{v_{CnHm}} \times d(g_{CO})^{v_{CO}} \cdot d(g_e)^{v_{ge}}} \quad (1)$$

$$K_{fe} = \frac{3600 \cdot M_{кр} \cdot n_{кв}}{9550 \cdot H_u \cdot D} \cdot \left| \begin{matrix} \Sigma = \sum_{k=1}^h (A_k \cdot G_k); D = \sigma \cdot \delta \cdot \Sigma + G_f \\ C = (G_f + 2 \cdot \sigma \cdot \delta \cdot \Sigma)^2 - 2 \cdot (\sigma \cdot \delta \cdot \Sigma)^2 \end{matrix} \right| \quad (2)$$

In the paper proposed the method for determination of ponderability of fuel component of criterion K_{fe} with using of ponderability coefficient A_{fuel} (see formula (3)) which equalizes the formulas for partial derivatives of the criterion with respect to ICE mass hourly fuel consumption G_f (see formula (4)) and to mass hourly emission of k^{th} legislative normalized pollutant in ICE exhaust gas flow G_k (see formula (5)).

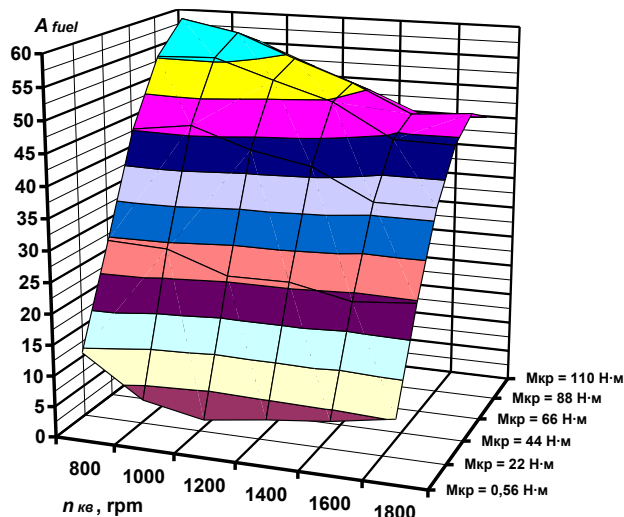


Рис. 1 – Розподіл значень коефіцієнта вагомості A_{fuel} по полю робочих режимів автотракторного дизеля 2Ч10,5/12

$$A_{fuel} = C / (\sigma \cdot \delta \cdot G_f^2) \quad (3);$$

$$\partial K_{fe} / \partial G_f = -K_{fe} \cdot C / (D \cdot G_{fuel}^2) \quad (4);$$

$$\partial K_{fe} / \partial G_k = -K_{fe} \cdot \sigma \cdot \delta \cdot A_k / D \quad (5);$$

The distribution of magnitudes of proposed ponderability coefficient on the operational regimes area of autotractor diesel 2Ch10.5/12 is shown on Fig. 1.

Averaged across the operational regimes area magnitude of proposed ponderability coefficient of fuel component of criterion K_{fe} equals $A_{fuel} = 38,4$.

References:

1. Vambol S.O., Vambol V.V., Kondratenko O.M. and Mishchenko I.V. (2018). Criteria based assessment of level of ecological safety of process of exploitation of power plants : Monograph, Publ. NUCP of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, 320 p.

DETERMINATION OF RELATIONSHIP BETWEEN TYPE OF INDICATORS OF OPACITY OF ICE EXHAUST GASES AND ACCURACY OF CONVERSION FORMULA

Kondratenko O.M., Kukuzenko A.M., Gudyrya A.O.
National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

Analysis of mathematical apparatuses of known conversion formulas as well as the nomenclature of the most common indicators of the ICE exhaust gas (EG) opacity was performed. Based on results of such analysis for following calculated studies the prof. Parsadanov conversion formula was selected because it takes into account not only indicators of EG opacity but also indicators of EG toxicity. Analysis of mathematical apparatus of that conversion formula is carried out and features of influence of physical values of its independent variables on the value obtained for it by are revealed. The formula was transformed to a form adapted to carrying out of the study.

The methodic of calculated assessment of magnitudes of instrumental accuracy of obtaining of values of mass hourly emission of particulate matter in EG flow based on provisions of scientific discipline «Metrology» in two consecutive approximations was developed. Calculated assessment of such instrumental accuracy using the investigated conversion formula for the basic indicator of EG opacity and actual value of passport accuracy of measuring devices was executed. Such value averaged for special operational regimes of diesel engine 2Ch10.5/12 is equal $\pm 8.3\%$.

It was detected and analyzed the influence of type of EG opacity indicator with appropriate to it measuring units on instrumental accuracy of investigated conversion formula. Based on magnitudes of such accuracy for actual magnitude of passport accuracy of measuring devices known indicators of EG opacity was ranking.

Results of the ranking presented on Fig. 1.

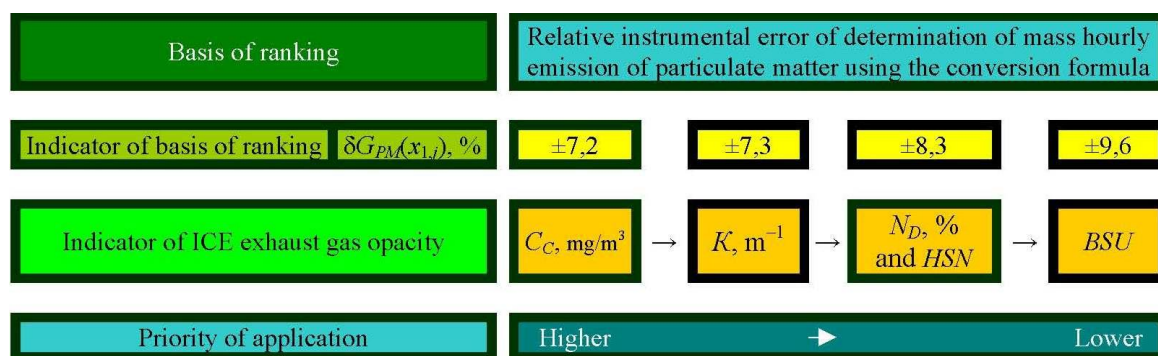


Fig. 1 – The ranking of the studied indicators of ICE exhaust gas opacity

References:

1. Парсаданов І.В. Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексного паливно-екологічного критерію: монографія / І.В. Парсаданов – Х.: Центр НТУ «ХП», 2003. – 244 с.
2. Оценка и контроль выбросов дисперсных частиц с отработавшими газами дизелів / В.А. Звонов, Г.С. Корнилов, А.В. Козлов, Е.А. Симонова. – М.: Прима-Пресс, 2005. – 310 с.

ASSESSMENT OF FUEL AND ECOLOGICAL EFFICIENCY OF APPLICATION OF BIOFUEL FOR ENGINE OF HYBRID ELECTRIC CAR

Kondratenko O.M., Marchuk R.A., Vorobjova D.V.
National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

In this work the fuel and ecological efficiency of the exploitation process of a hybrid vehicle with alternating drive of a propeller from a reciprocating ICE in the mode of electric and mechanical transmission is investigated.

To do this, a selection of appropriate exploitation models has been made from standardized stationary testing cycles. The work of the ICE in the mode of mechanical transmission is in line with the cycle ESC (in accordance with UNECE Regulation No. 49) and in the mode of electric transmission, that is, as a diesel generator, cycles C1, D1, D2, F and G2 (in accordance with ISO 8178-4:2017).

The physical and chemical properties of motor fuel of biological origin in comparison with oil of petroleum origin are analyzed. The data of bench motor researches of diesel engine 2Ch10.5/12 in cases of its operation on pure mineral, pure biodiesel from rapeseed oil as well as a number of their mixtures are considered. It was established that the technical and economic performance of this engine when transferring it to work on 100 % biodiesel fuel somewhat worsen, and ecological are improving for the entire area of engine operating regimes.

For assessing of the fuel and ecological effect of transferring the ICE of hybrid vehicle to the consumption of biodiesel fuel and selection of rational model of its exploitation in diesel-generator mode was used the mathematical apparatus of complex fuel and ecological criterion of prof. Parsadanov as the most suitable for such assessment of the number of known.

The ranking of the studied models of exploitation of the diesel-generator is performed both on the basis of fuel and ecological efficiency and on the basis of effect of application of biodiesel fuel. Results of the ranking presented on Fig. 1.

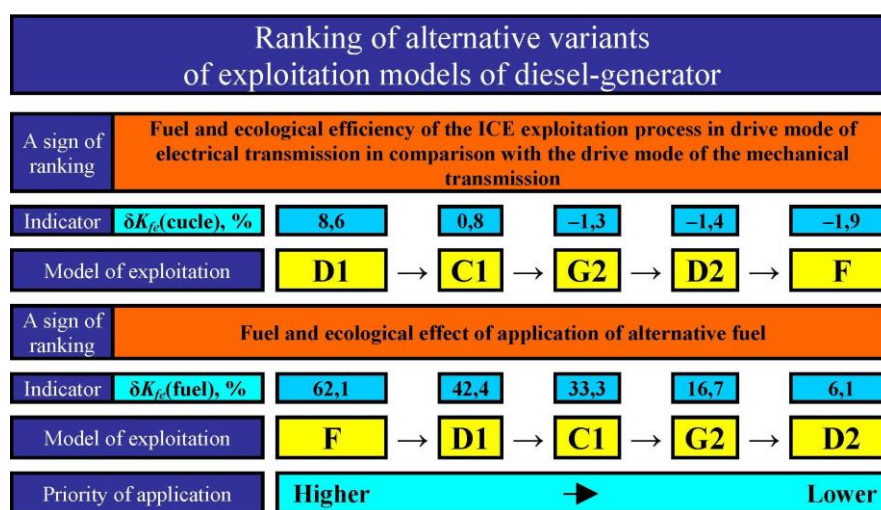


Fig. 1 – The ranking of the studied models of exploitation of the diesel-generator

EVALUATION OF FUEL AND ECOLOGICAL EFFICIENCY OF USING OF BIOFUEL FOR STATIONARY DIESEL-GENERATOR

Kondratenko O.M., Nuzhna K.S., Kaluzhskyh A.I.
National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

In the work two stationary models of exploitation of a stationary diesel-generator for continuous long-term supply of electricity to enterprises and household that contains 24 polygons of equal length are proposed. They were built on the basis of averaged schedules of distribution of magnitudes of diesel engine effective power of such power plant during the day according to the data of firm VADO Technical Investment GmbH.

It was proposed to feed the diesel engine as part of the electric generating power plant to use motor fuel of biological origin as the renewable energy resource with taking into account physical and chemical properties of such fuel as well as their influence on the toxicity indicators of exhaust gases.

It was proposed for assessment of ecological safety level of exploitation process of diesel-generator on both developed exploitation models and at application of different types of motor fuels to use the modified mathematical apparatus of prof. Parsadanov fuel and ecological criterion.

According to the results of the analysis of the data of the calculated complex criteria based evaluation a comparative description of quantitative and qualitative aspects of operation of diesel-generator on both developed exploitation models was carried out with taking into account the effects of transferring it to the use of a renewable energy source.

This results illustrated on Fig. 1.

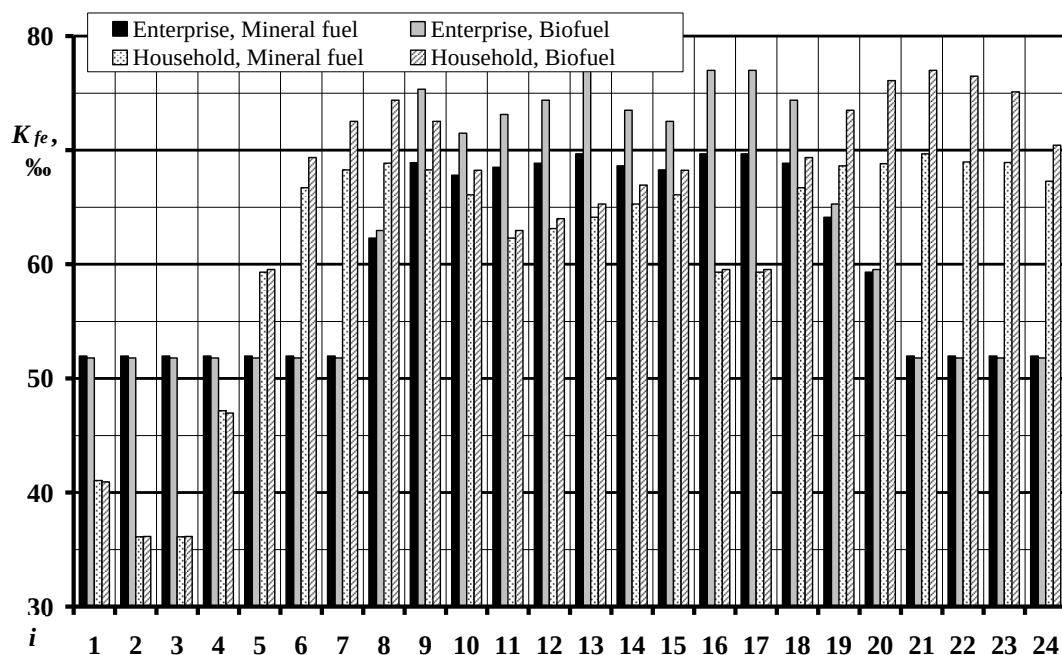


Fig. 1 – Results of the calculation evaluation

CRITERIONAL JUSTIFICATION OF SELECTION OF RATIONAL NUMBER OF REGIMES IN MOTOR BENCH TESTS

Kondratenko O.M., Shepel V.R., Syraya A.O.

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

For qualitative and quantitative assessment of ecological safety level of exploitation process of power plants with reciprocating ICE it is rational to apply well-known criteria for mathematical apparatus which takes into account the widest range of ecological safety factors, for example, Harrington's generalized desirability function D .

In this case as the initial data it is rational to apply results of bench motor researches of such engines on stationary testing cycles which are sets of discrete values. This raises the problem of the rational value of the number of levels of variation of coordinates of field of operational regimes of ICE.

It was proposed to assess this parameter by calculation way during rationalization of average exploitation values of selected criterion. It is advisable to select the value of relative methodical error and averaged cost of obtaining experimental data as rationalization parameters.

Analysis of results of such rationalization allows to determine that for predetermined limit level of relative methodical error that equals 5 % during motor bench tests of ICE it possible to limited by 8 levels of variation of coordinates of field of operational regimes of ICE which corresponds to 64 experimental points.

In this case the magnitude of averaged cost of obtaining experimental data in comparison with the base number of levels of variation that equals 21 (which corresponds to 441 experimental points) is decreases by 86 %.

This results illustrated on Fig. 1.

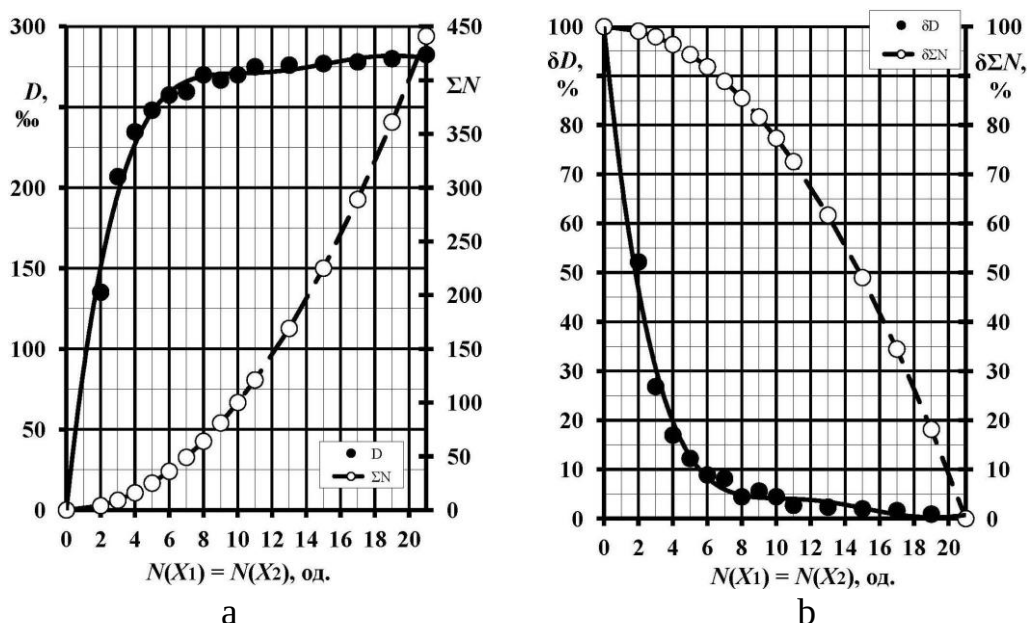


Fig. 1 – Results of the calculation study for absolute (a) and relative (b) values

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MODERN FRAMEWORK

¹ Konovalenko O.E., ² Brusentsev V.A.

¹*National Technical University*

«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

²*Kharkiv State Academy of Culture, Kharkiv*

Today, the use frameworks in the development of web-applications of varying complexity: business card website, corporate website, Internet portal or web-service. For creating web-based applications are very important criteria such as user friendliness, speed of development, reliability and efficient use of resources.

To improve the efficiency of programmers work, special systems for creating web-applications were created, the so-called web-frameworks, which allow the developer to focus on the basic logic of the application. Technologies such as PHP, Java, Microsoft.Net, MySQL, Oracle, Microsoft SQL Server and frameworks developed on their basis are used by developers around the world. Logically, the framework is divided into a kernel, a kernel loader, a library of common functions, and a configuration store.

The use of frameworks allows you to re-use the code in the development of the application, which makes it possible to implement large web-projects in a short time.

At the moment of development of frameworks there are about 100 different types and versions. In terms of ease of development, speed, stability, several popular frameworks were highlighted: Angular.JS, ASP.NET MVC, Aurelia, Bootstrap, CakePHP, Codeigniter, Django, Dojo, Ember.js, Express.js, F3, FuelPHP, Kohana, Laravel, Meteor JS, Phalcon, PHPixie, React, Ruby on Rails, Slim, Symphony, Vue.js, Yii, Zend.

According to research and comparative reviews of many authors over the past 4 years, several of the most commonly used in the development of web applications or complex sites of leading frameworks have been established. According to various authors and the popularity of use in the end should be noted such frameworks as Yii, Symphony, Laravel, Codeigniter, Zend, Phalcon, CakePHP, Angular.JS, React and Zend.

Tests performed on real-world applications have shown that PHP 7 is on average twice as fast as PHP 5.6 and uses 50% less memory during query processing, making PHP 7 a strong contender for other web development tools.

Choosing the right framework is one of the key points that affect the quality of the future site. Each of the described technologies can be called complete in all respects, as they are used for both front-end and back-end development. Usually the developer needs to choose the platform according to the preferences in programming languages and according to the requirements of the customer.

ЗАСТОСУВАННЯ НА КОЛІСНИХ ТРАКТОРАХ КЛАСИЧНОЇ КОМПОНОВКИ ЗМІННОГО НАПІВГУСЕНИЧНОГО ХОДУ

Краснокутський В.М., Дрюк О.О.

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

Напівгусеничний хід (НГХ) призначений для підвищення прохідності і поліпшення тягово-зчіпних якостей колісного трактора класичної компоновки тягового класу 1,4 при проведенні пахотних робіт, при пересуванні на перезволожених і пухких ґрунтах, по бездоріжжю і при глибокому сніговому покриві.

Суть НГХ в тому, що він зйомний, складається з двох частин:

- підрамник, який кріпиться на остов трактора;
- швидкозмінний гусеничний візок, змонтований з елементної бази ходової системи трактора ХТЗ-170.

Заднє колесо колісного трактора знімається і ставиться перехідна муфта, на якій кріпиться ведуча зірочка. На підрамник кріпиться опорний каток та направляюче колесо. Вся ходова застібається металевим гусеничним ланцюгом, з яким зчіплюються зубці зірочки.

Напівгусеничний хід завантажується в причеп і встановлюється на трактор вже на самому об'єкті. Принципово в тих випадках, коли об'єкт знаходиться далеко від місця стоянки.

Використовуючи повною мірою швидкозйомний НГХ вартість експлуатації знизиться, а рентабельність зросте.

Це вигідно, тому що можна утримувати в середньому фермерському господарстві один колісний трактор та відмовитися від гусеничного. Пробіг гусеничного трактора на велику відстань не вигідний, а по дорогам з твердим покриттям заборонений.

За рахунок збільшення площі опори (в сім разів), тягового зусилля, коефіцієнта зчеплення, розширюється спектр застосування трактора в аграрній, дорожній, меліоративній та будівельній галузях. З'являється можливість роботи в умовах і на ґрунтах, недоступних для колісного трактора. Навесні, влітку і восени, незалежно від стану ґрунту він стане в нагоді при проведенні сільськогосподарських і трелювальних робіт. Не варто забувати про те, що НГХ швидкозмінний, відповідно, коли необхідність в підвищеній тязі та прохідності зникає, трактор можна досить швидко повернути до базового стану.

Література:

1. Озёрный В.П. Тракторы ЮМЗ-6КЛ и ЮМЗ-6КМ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Днепропетровск: «ПО ЮМЗ», 1989. – 302 с.
2. Трактор ХТЗ-170. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Харьков, 1995

ЗАСТОСУВАННЯ НА ІНТЕГРАЛЬНОМУ ТРАКТОРІ ХТЗ-16131 МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ ЗАДНІХ КОЛІС

Краснокутський В.М., Ткачов В.Ю.; Вільний Д.В.

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

Для колісних тракторів досить важливим є маневреність при виконанні ґрунтообробних та збиральних операцій. Відповідно до основного технологічного призначення якості повороткості як колісного, так і гусеничного трактора оцінюють в польових умовах за агротехнічними показниками [1]. Основні вимоги зводяться до того, щоб при виконанні ґрунтообробних і збиральних операцій не було «огріхів», а при міжрядній обробці – підрізання культурних рослин.

Одними з основних вимог є: забезпечення мінімального радіуса повороту; мінімальна кількість енергії, що витрачається на управління при русі по заданій траєкторії; достатня сила тяги машини при повороті; висока надійність механізму управління поворотом і збереження високої керованості в процесі тривалої експлуатації машин.

Основним недоліком при управлінні колесами тільки передньої осі полягає в тому, що їх не можна повернути на такий кут, який може забезпечити необхідний мінімальний радіус повороту. Відомо декілька варіантів рішення цієї проблеми: використання шарнірно-зчленованої рами, бортового способу повороту, одночасний поворот чотирьох керованих коліс [2], або ж використання гальмування одного із задніх коліс при повороті. В експлуатації підгальмовуванням борту користуються при виконанні крутих поворотів, але гальмування бортом на колісних машинах застосовують вкрай рідко, оскільки поворот при цьому супроводжується сильною деформацією шин та великими втратами потужності. Основний недолік способу управління поворотом за допомогою шарнірно-зчленованої рами полягає в тому, що на шарнірний механізм діють великі навантаження, внаслідок чого шарнір швидко виходить з ладу.

Аналізуючи вище сказане, можна зробити висновок, що застосування на тракторі ХТЗ-16131 механізму повороту передніх та задніх коліс забезпечує зменшення радіусу повороту, а також здійснює копіювання задніми колесами траєкторії передніх, що дозволяє зменшити випадки руйнування стінки борозни задніми колесами або заїзду на рядок оброблюваної рослини.

Література:

1. Бобошко А.А. Нетрадиционные способы маневрирования колесных машин. Харьков: 2006. – 172с.
2. Тракторы ЛТЗ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, Липецк, 1989.

РОЗРОБКА 3D МОДЕЛІ ІНТЕР'ЄРУ ТА АЙДЕНТИКИ СТУДІЇ

Куряков А.Е., Москальов Д.К., Глібко О. А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут» м. Харків

Актуальність роботи обумовлена існуючою на теперішній час ситуацією, коли в умовах конкуренції на ринку надання послуг краси значну роль відіграють, при інших однакових умовах, сприятливий візуальний ряд інтернет представництва салону (інстаграм) та наявність професійно створеного фірмового стилю.

Мета роботи – підвищення попиту на послуги салону краси “SiStudio” завдяки розробці її айдентики. У роботі розглянуті питання створення фірмового стилю для салону краси: створення інтер'єру приміщення, документації, інтернет-сторінок.

Представлений фірмовий стиль, має мінімалістичну структуру (для спрощення усвідомлення інформації) і спрямований на жіночу цільову аудиторію. Характерні риси стилю: легкі пастельні кольори (спокій та розслабленість), комбінація шрифтів із засічками (грайливість, жіночість) та без засічок (чіткість, стерильність).

У ході роботи було створено: три прайс-листи для майстрів краси, сторінка салону та індивідуальні робочі сторінки кожного майстра в інстаграмі. Роботи створенні у програмних продуктах Adobe. Крім того було розроблено інтер'єр приміщення салону у середовищі Maya, відповідно до фірмового стилю. Фрагменти розробки наведені на рис.1,2.



Рис. 1 Фрагмент моделі інтер'єру

ДЕПІЛЯЦІЯ	
Ноги повністю	170
Ноги до колін	90
Руки повністю	130
Руки до локтя	70
Глибокий паз	200
Область бикині	100
Уси, подбородок, підмишки	70
УХОД ЗА ТЕЛОМ	
Ін'єкції (ліполітика)	от 500
Обертання тела (живот, ноги)	от 250
ЧИСТКА КОЖИ ЛИЦА	
Ультразвукова	300
Механічна	350
Комбінована	400
Комбінована + фітопілінг	450
МАСКИ	
Альгінатна	120
Олегопротеїнова ліфтинг	200
Питательна, поросуживающая	250
Биоминеральная	250

Рис. 2 Прайс-лист послуг

Таким чином, за реальним замовленням було створено сучасний фірмовий стиль для салону. Були реалізовані побажання замовника, а саме: спрощене подання інформації для клієнта, яскраво підібраний інтер'єр, гармонічні кольори та інше. Також враховано існуюча ринкова тенденція: на основі аналізу найкращих рис та тонкощів в іміджі конкурентів розробити кращий свій варіант.

ВИБІР ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ АМОРТИЗАТОРІВ МЕТОДАМИ УМОВНОЇ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Любарський Б.Г, Лукашова Н.П.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків

При виборі типу електромеханічного перетворювача амортизатора відзначимо, що з відомих на сьогодні типів - асинхронного, синхронного, електромагнітного та постійного струму, найбільш гідною кандидатурою, на нашу думку, видається останній. Перші два типи для забезпечення відносно невеликих переміщень із заданою силою і швидкістю руху штока, а також регулювання цих параметрів потребує досить складних напівпровідникових перетворювачів. Для третього характерна досить нерівномірна характеристика сили тяги від переміщення, яка близька до гіперболічної. Для електромеханічного амортизатора потрібна постійна тягова (механічна) характеристика що змінюється лише від швидкості руху якоря. Тому в роботі запропоновано конструкцію електромеханічного амортизатору коаксіального типу зі збудженням від постійного магніту.

Розроблено спрощена математична модель по визначенню електромагнітної сили та електрорухомої сили електромеханічного амортизатору. Особливістю моделі є урахування режимів роботи постійного магніту на основі розрахунку магнітного кола. Створення модель дозволяє проводити приблизний розрахунок режимів роботи амортизатора та може бути використана у вирішенні задачі оптимізації параметрів електромеханічного амортизатору. Проведена постановка задачі умовної двокритеріальної оптимізації параметрів електромеханічного амортизатору. У якості параметрів обрано обираємо товщину постійного магніту та обмотки, діаметр внутрішнього осердя та число витків обмотки якоря які є умовно незалежними.

Обрані обмеження, що поділено на три категорії: обмеження за розмагніченням постійного магніту, що дозволяють зберегти працездатність постійного магніту; обмеження за щільністю струму, яке забезпечує теплові режими роботи амортизатору; компоновані обмеження та обмеження, на параметри задачі оптимізації, що забезпечують розміщення конструкції у ходовій частині візка. Запропоновано у якості критеріїв обрати приведений об'єм амортизатору, що обумовлює затрати на створення амортизатору та його ККД, який обумовлює енергію коливань, що рекуперовано. Проведено згортку параметрів до єдиної цільової функції затрат та обрані вагові коефіцієнти.

За результатами вирішення задачі оптимізації параметрів амортизатору визначено, що оптимальна висота амортизатор близька до максимальної (0,299 м), а зовнішній діаметр – 86% від максимального значення. Поперечний перетин обмотки якоря наближується до квадратного (0,093 м x 0,081 м). Товщина постійного магніту складає 43% від товщини обмотки, а висота перевищує висоту обмотки у приблизно 2 рази.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЗІ ЗБУДЖЕННЯМ ВІД ПОСТІЙНИХ МАГНІТІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Любарський Б.Г , Штабровський Д.Ю.

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

Процеси перетворення енергії у електрорухомому складі транспортних засобів обумовлюється, в першу чергу, роботою тягового приводу. Цей процес, в перспективних для України синхронних тягових приводах, залежить від їх режимів роботи, які обумовлені профілем колії та графіком руху електрорухомого складу, з одного боку, та режимами роботи системи управління, з іншого. Втрати, що виникають в елементах тягових приводів, призводять до нагріву елементів їх конструкції при цьому найбільші втрати у тягових приводах виникають в електромеханічних перетворювачах енергії – тягових двигунах.

Для тягових приводів було сформульоване завдання аналізу, яке адекватно відображає зв'язок критерію зі складовими вектора режимів роботи і вектора параметрів управління. Вибрано метод розв'язання задачі оптимізації ККД і знайдено для кожного з розглянутих параметрів тягового приводу, що забезпечують максимальну ефективність електромеханічного перетворення енергії в різних режимах роботи тягових електроприводів електрорухомого складу.

Ефективність тягового приводу в певному режимі його роботи була оцінена за критерієм максимуму його ККД за умови дотримання вимог, що накладаються режимами роботи.

Для тягового приводу на основі синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів запропоновано в якості компонента вектора управління вибрати кут навантаження, коефіцієнт модуляції і режим роботи напівпровідникового перетворювача.

Встановлено, що залежність ККД в режимі ПВ ШІМ має гладкий характер. У режимі гальмування при частоті обертання приблизно 2000 об / хв спостерігається яр, пов'язаний з ростом електромагнітних втрат в ТП, обумовлених зростанням амплітуд вищих гармонійних струмів статора. При частотах обертання понад 4000 об / хв і моменті більше 500 Нм спостерігається зона обмеження по струму.

Режим одноразової ШІМ характеризується значною зоною, в якій не було знайдено рішення, що обумовлено неможливістю регулювання напруги в цьому режимі. ККД приводу в режимі одноразової ШІМ знаходиться у вузькій зоні, при максимально високих значеннях потужності ТП.

У режимі ПВ ШІМ ККД вище, що обумовлено більш високою напругою живлення ТП. Кут навантаження при регулюванні в більшості режимів підтримується $59..68^\circ$ - в режимі тяги, і $-65 .. - 68^\circ$ - в режимі гальмування. Він різко знижується в гальмівному режимі при малих частотах обертання, що обумовлено вимогою підтримки заданого гальмівного моменту.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ В УМОВАХ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА “ЖОВКІВСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО”

Магура Б.О., Пришляк Р. Ю.

*Національний лісотехнічний університет України,
м. Львів*

Лісова екосистема є природним комплексом, що виконує важливі кліматорегулюючі, захисні та рекреаційні функції, одночасно вона є головним джерелом забезпечення людства деревною сировиною та іншими продуктами побічного користування лісом. Антропогенний вплив на довкілля порушує природні лісові екосистеми, призводить до зменшення водоохоронно-захисної ролі лісів, посилення ерозійних процесів, зниження біологічної стійкості деревостанів.

В роботі розроблено технологічний процес заготівлі деревини на базі модернізованого трактора загального призначення Т-150К. Запропоновано і розроблено конструкцію трелювальної машини для виконання операції трелювання на рубках головного користування. Проведено симуляційне моделювання навантажень в елементах конструкції, яке підтвердило правильність вибору і розрахунків конструктивних параметрів устаткування, що забезпечить його надійну роботу.

Для розроблення технологічного процесу на базі запропонованої трелювальної машини на базі трактора Т-150К було визначено наступні показники: виробничу потужність підприємства; встановлено основні принципи, які закладаються у виробничий процес підприємства; обґрунтовано параметри лісосік та визначено кількість лісосік, що відводяться у рубку; встановлено об'єми виробництва та режим роботи підприємства; обґрунтовано та вибрано структуру технологічного процесу та основного комплексу машин для виконання лісосічних робіт; визначено необхідну кількість обладнання і робітників для виконання основних лісосічних робіт; складено технологічну карту розробки лісосік; визначено основні техніко-економічні показники виконання лісосічних робіт.

Було визначено основні навантаження в конструкції трелювальної машини, здійснено перевірку болтового кріплення захисної решітки до рами трактора. Перевіркові розрахунки показали правильність вибору конструктивних елементів, умова міцності виконується, отже міцність болтового з'єднання забезпечується.

Для перевірки міцності захисної решітки, використовували метод кінцевих елементів програми САПР Solidworks. Згідно з отриманими діаграмами максимальне значення напруження припадає на верхню частину задньої укосини. Це місце необхідно укріпити додатковою косинкою.

Мінімальний запас міцності становить 1,948 і припадає на місце стику основи та укосини. Але це місце зварювання і в загальному міцність конструкції решітки достатня для забезпечення надійності.

УПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСКРЕТНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ВІЙСЬКОВОЇ ТА ЦИВІЛЬНОЇ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

¹Марченко А. П., ¹Ткачук М. А., ¹Веретельник О. В., ¹Кравченко С. О.,
¹Ткачук М. М., ²Хлань О. В., ²Литвин Б. Я., ²Заворотній А. В., ²Шуть О. Ю.

¹*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
²ДП «Завод імені В.О.Малишева», м. Харків*

В НТУ «ХПІ» спільно з низкою підприємств здійснено розроблення та впровадження у виробництво нової комплексної енергозберігаючої технології виготовлення і ремонту на базі дискретного зміцнення (ДЗ) відповідальних важконавантажених деталей військових та цивільних машин, яка дає можливість підвищити ресурс та імпортозаміщення матеріалів, а також зменшити витрати енергії як на етапі виготовлення, так і при їх експлуатації. Зокрема, розроблені рекомендації щодо режимів обробки деталей із використанням технологій ДЗ, які забезпечують підвищення енергоефективності на етапі виготовлення та експлуатації деталей машин. Новизна результатів полягає в тому, що вперше на основі комп'ютерного моделювання, лабораторних досліджень та стендових випробувань установлені фізичні ефекти, визначені параметри та режими технології ДЗ, які забезпечують підвищення їхнього ресурсу та енергоефективності на основі нових виявлених позитивних фізичних ефектів. Уперше створено нові розрахункові моделі, які дають змогу адекватного дослідження напружено-деформованого стану тіл із ДЗ. Технологія придатна до серійного виробництва; за трудомісткістю та собівартістю вона є конкурентоздатною, оскільки за всіма показниками перевищує аналоги: трудомісткість – на 50-60% нижча, енергоефективність на етапі виробництва підвищена на 50%, а на етапі експлуатації – понад 10%; ресурс роботи основних елементів ДВЗ підвищено в 1,5-1,8 рази; для розгортання виробництва використовується універсальне обладнання, що є у наявності у достатній кількості, тобто відсутні перепони для застосування технології у серійному виробництві. Поєднання створених можливостей дає принципову можливість розв'язувати на найсучаснішому науково-технічному рівні проблеми сучасного вітчизняного бронетанкобудування, транспортного та енергетичного машинобудування у напрямку ресурсозберігаючих технологій та створення машин із високими технічними характеристиками. Уже розв'язання перших тестових задач продемонструвало надзвичайно високу ефективність розробки для розв'язання задач зміцнення елементів машин (стосується зміцнення елементів двигунів внутрішнього згорання, у т.ч. – транспортних, енергетичних, танкових, тепловозних, а також роторів, валків, верстатів тощо). Тестування на типових задачах продемонструвало її здатність підвищувати твердість, міцність, зносостійкість оброблених деталей.

ПНЕВМОРЕСОРА ІЗ ТУРБО-ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИМ ДЕМПФЕРОМ

Маслієв В. Г.

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

Демпфірування, яке властиве пневморесорі, обумовлене перетворенням енергії коливань в теплову енергію, та передачею через її поверхню в довкілля. Це перетворення має низьку ефективність через те, що коефіцієнт теплопередачі через поверхню пневморесорі та перевищення температури стислого повітря над довкіллям занадто малі, що і обумовлює слабе демпфірування. Для поліпшення демпфірування пневморесору поєднують із додатковим резервуаром за допомогою каліброваного дроселя, у якому теплова енергія стислого повітря перетворюється на кінетичну енергію потоку, який курсує між пневморесорою та додатковим резервуаром і збурює в них повітря, що підвищує ефективність передачі тепла у довкілля, а демпфірування дещо зростає. На наш погляд, енергію коливань більш ефективно спрямовувати у довкілля у той час, коли вона перетворилася у кінетичну енергію потоку стислого повітря, тому, що вона при цьому найбільш концентрована і має високий потенціал. З цією метою розроблено пристрій для поліпшення демпфуючих властивостей пневморесори, у отворі дроселя якої встановлено дво-спрямовлений турбогенератор, який містить трубчастий ротор, на зовнішній поверхні якого закріплено із можливістю обертання навколо нормальних до цієї поверхні осей, лопатки, а на внутрішній поверхні ротора розміщено постійні магніти. При обертанні ротора вони створюють магнітне поле, яке буде індукувати у розташованій на нерухомому статорі та замкненій на резистор обмотці електричний струм, що нагріватиме резистор, тобто електрична енергія перетвориться на теплову, яку значно ефективніше можна відводити у довкілля завдяки тому, що опір резистора можна обрати так, щоб його температура була значно вища за температуру довкілля. Отже, стисле повітря при цьому втратить частину своєї енергії, і надійде у додатковий резервуар вже частково охолодженим і продовжить у ньому охолоджуватися далі. На зворотному ході потоку повітря процес повториться. При цьому ротор подовжить обертатися у одному і тому напрямку завдяки поворотним лопаткам дво-спрямовленого турбогенератора. Коливання транспортного засобу, що обладнано такими пневморесорами, будуть швидше затухати, тобто їх амплітуди зменшуватимуться через перетворення енергії коливань на теплову енергію на резисторі, як при стисканні пневматичної ресори, так і на зворотному ході відбою, завдяки більш ефективному витоку високотемпературної теплової енергії від резистора у довкілля.

Потік стислого повітря, яке прямує через дросель у дво-спрямовлену турбіну, має швидкість близько до 300 м/с, що примушує її обертатися разом із трубчастим ротором із високою кутовою швидкістю, що забезпечить суттєве поліпшення демпфуючих якостей пневморесори.

МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА РЕМОНТУ ПОРШНЕВИХ ГІДРОМАШИН В УМОВАХ ТЗОВ «ГІДРОТЕХЦЕНТР»

Мачуга О. С., Луста Ю. Р., Шалапай В. В.

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів

Поряд із проблемою всебічного використання поршневих гідравлічних машин – гідроциліндрів і поршневих pomp, існує завдання технічного обслуговування та ремонту таких машин. У багатьох гідросистемах гідроциліндр виступає як робочий орган, через це широко використовуються гідроциліндри різних форм та розмірів. Виникає необхідність ремонту різногабаритних агрегатів. Якщо для ремонту малих гідроциліндрів достатньо фізичних зусиль та ручного інструменту, то для ремонту великогабаритних гідроциліндрів необхідні спеціальні стенди, транспортувальне обладнання. Усі робочі процеси мають бути чітко сформовані для економії енергоресурсів та часу на відновлення. Тому збільшення ефективності та продуктивності ремонтних робіт великогабаритних гідроциліндрів є вагомим та актуальним завданням. З цією метою необхідно створювати високоефективні алгоритми дій та методів для відновлення габаритних гідроциліндрів, зокрема – портових кранів та подібних підйимально-транспортних механізмів.

Вагомим є виконання післяремонтної діагностики такого обладнання. З цією метою розроблено методику визначення втрат гідрорідини в гідроциліндрі шляхом аналізу інтенсивності його «просідання». Запропоновано конструкцію відповідного обладнання, яку можливо впровадити на ТзОВ «Гідротехцентр» у м. Львові.

У роботі запропоновано виконати реконструкцію та переобладнання випробувальної ділянки ТзОВ «Гідротехцентр» із відповідним переплануванням наявних приміщень. Вказані заходи можуть призвести до покращення якості роботи із відновлення гідроциліндрів, зменшення відсотку виходу бракованої продукції.

Запропоновані методики визначення параметрів технологічних операцій випробовуваних гідроциліндрів, а саме – методика визначення геометричних параметрів гідроциліндра, методика розрахунку допустимої просадки гідроциліндра, та силовий розрахунок стиснення гідроциліндра лещатними установками дозволять раціональну організацію випробувальних робіт. Вказані методики проілюстровано на прикладі декількох типових гідроциліндрів. Отримані результати, оформлені у вигляді відповідних таблиць, можуть використовуватись безпосередньо в практиці випробувальних робіт.

Розроблено заходи з охорони праці та протипожежної безпеки, зокрема розраховано необхідну кількість світильників та можливість додаткового освітлення робочих місць. Визначено допустимі параметри приточно-витяжної вентиляційної системи.

РОЗРОБКА СИСТЕМ ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ ЛІТАКА НА ЕТАПІ ПОПЕРЕДНЬОГО ПРОЕКТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМНОГО МЕТОДУ

Медведєв С.В.

Державне підприємство «АНТОНОВ», м. Київ

В сучасних умовах розвитку авіації і авіаційної галузі, зростаючих вимогах до літака, а особливо до безпеки та комфорту пасажирів на борту, постає питання якісної розробки та доводки систем літака. Важливим етапом створення літака є проектування, де вирішуються та приймаються основні концептуальні та принципові рішення щодо структури, параметрів та характеристик майбутніх систем зведених у єдиний комплекс – літак.

Одним з надважливих завдань при розробці сучасних складних систем є показник часу, вартість розробки, а також якість проектування. Тому актуальним завданням є розробка такої методології, яка б починаючи з початкових (попередніх) етапів проектування, дозволила проектувальнику використовувати поетапні алгоритми (моделі) проведення розробки системи, а також засоби які дозволяють використовуючи попередні, первинні данні про майбутній об'єкт отримати якісні данні. Як відомо проектування складних систем процес ітераційний, тому важливим постає питання всебічного розгляду, яке враховує різні аспекти роботи системи, включаю управління/контроль, відмовобезпечність, обслуговування, технологічність та ін., для кращого розуміння шляхів подальших удосконалень чи змін.

У роботі розглянуті питання проектування системи видалення відходів пасажирського літака, на попередньому етапі розробки. Задача прийняття рішень щодо концепції системи видалення відходів, її майбутніх характеристик лежить у площині визначення принципових функцій що покладаються на систему (цільових функції таких як мінімальна вага, мінімальна вартість агрегатів / обслуговування, надійність, екологічність енергозощадження, тощо), та комплексу загальних вимог, які пред'являються для конкретного типу літака, а також циркулярів, директив, рекомендацій, перспективних вимог.

Запропонована модель проектування з використанням системного методу котрий включає в себе збір даних для постановки цілей, аналіз даних, розробка варіантів концепцій (структур), архітектурні рішення складних об'єктів та прийняття рішень, що дозволяє конструктору на попередньому етапі розробки отримати попередні данні, характеристики системи та виконати їх аналіз.

Отримані результати досліджень дозволяють узагальнити завдання які ставляться на етапі попереднього проектування з урахуванням головних критеріїв функціонування, синтезувати різні варіанти рішень, оптимізувати процес розробки системи, розробити достатню базу даних для подальших етапів проектування, що в свою чергу підвищує ефективність та якість проектування.

Література:

1. Джонс Дж. К. Методы проектирования / Джонс Дж. К.; [Пер. с англ. Т. П. Бурмистровой, И. В. Фриденберга] — 2-е изд., доп. — М.: Мир, 1986. — 326 с.

**ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗЕРВІВ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ
ТЕПЛОВОЗНИХ ТЯГОВИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ
ЗА РАХУНОК ЇХ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПРОЕКТУВАННЯ**

Мороз В.І., Братченко О.В., Громов В.І.

*Український державний університет
залізничного транспорту, м. Харків*

У вирішенні актуальної задачі підвищення надійності залізничного рухомого складу значна роль відводиться збільшенню ресурсу тягових зубчастих передач (ТЗП) як складових відповідних тягових приводів.

В доповіді висвітлені результати комплексного розрахунково-експериментального дослідження з визначення резервів збільшення ресурсу ТЗП тепловозів М62, ТЕП70, 2ТЕ116 за рахунок їх оптимізаційного проектування з використанням методу, розробленого в Українському державному університеті залізничного транспорту.

Метод передбачає знаходження оптимальних значень коефіцієнтів зміщення шестірні x_1^* і колеса x_2^* , при яких отримуються відповідні конструктивні параметри.

При цьому досягаються високоякісні характеристики зачеплення і відповідний рівень технічного ресурсу ТЗП.

Для запропонованих варіантів ТЗП у порівнянні з ТЗП, що знаходяться в експлуатації, очікуване збільшення ресурсу складає: для тепловозів серії М62 – до 20%, 2ТЕ116 – 5%, ТЕП70 – 16%.

РОЗРОБКА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЧУТЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛІВ ЯКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Назаренко С. О., Марусенко С. І., Храмцова І. Я.

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

Універсальний потенціал віртуального тестування (комп'ютерного моделювання) транспортних машин дозволяє істотно зменшити трудомісткі етапи натурних експериментальних досліджень дорожніх макетів – зразків (Physical Prototyping) і перейти до більш дешевої, оперативної, надійної і безпечної технології апробації конструктивних реалізацій з використанням цифрових багатовимірних моделей-прототипів (Digital Mock-Up, Digital Prototyping) [1, 2].

Аналіз чутливості характеристик компонентів транспортних машин дозволяє вирішити цілий ряд практичних задач проектування, доведення, технологічної підготовки виробництва та контролю ефективної експлуатації конструкцій. Коефіцієнти чутливості характеризують без модифікації всієї транспортної машини напрямок і швидкість зміни критеріїв мети (функціоналів якості) при варіюванні параметрами проектування.

Адекватні розрахункові схеми складних конструкцій транспортних машин моделюються комбінацією багатьох взаємодіючих функціональних елементів різної мірності (від $0-D$ до $3-D$) в умовах дії зовнішнього середовища і полів різної фізичної природи. Дослідження чутливості всієї конструкції можна базувати на незалежному аналізі природно заданих субструктур, а потім зв'язувати ці підконструкції у єдину систему.

Умовно методи аналізу чутливості можна розділити на скінченно-різницеве наближення градієнта; методи прямого диференціювання і методи введення спряжених змінних. При аналізі чутливості складових конструкцій транспортних машин обсяг та складність обчислень настільки великі, що необхідно сегментування системи. Способи зниження розмірності задач і зменшення часу аналізу чутливості складових конструкцій можна умовно розділити на облік окремих елементів як зосереджених чинників, суперелементний підхід (статична конденсація і динамічне редукування), облік симетрії та регулярності.

У процесі досліджень доцільно використовувати різні методи (або їх поєднання) із деякої доступної їх бази. Наведені приклади реалізованих прикладних інжинірингових розробок та проектування промислових виробів.

Література:

1. Симсон Э. А. Методика анализа чувствительности вибрационных параметров механических систем / Э. А. Симсон, С. А. Назаренко, М. В. Трохман // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 2/4. – С. 44-47.
2. Nazarenko S. A. Most important phases of development optimization of complex structure / S. A. Nazarenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Dynamics and strength of machines. – 2015. – № 57 (1166). – P. 87-90.

АНАЛІЗ ДОСЯГНЕНЬ РЕСПУБЛІКИ КОРЕЯ В ГУЛУЗІ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ БРОНЕТЕХНІКИ

Онищенко А.М.

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

Військово-політична ситуація в Україні вимагає створення сучасних мехатронних систем подвійного призначення. Розробці наукових передумов створення мехатронних електрогідравлічних систем приділяється значна увага українських вчених [1-3 та ін.]. Вітчизняні публікації орієнтуються на західноєвропейських та (або) американських розробників та виробників мехатронних електрогідравлічних систем та їх компонентів в той час значним інноваційним потенціалом володіють розробки Південної Кореї.

Лідером у виробництві електрогідравлічних компонентів для озброєння та військової техніки є корпорація Doosan Mottrol. Машини K1, K1A1 і K2 є головними бойовими танками Збройних сил Республіки Корея. Корпорація Doosan Mottrol виробляє електронно-гідравлічні системи та системи електроприводів для гармати та башти. Судячи з елементної бази системи вона повторює класичну компоновку характерну для значного числа виробників танків у світі. Броньована ремонтно-евакуаційна машина містить значну кількість лебідок де використовується електрогідравлічні приводи побудовані з використанням принципу LS-керування.

Іншим прикладом машин де використовується значна кількість гідравлічних та електрогідравлічних компонентів є броньований мостоукладач, який забезпечує шляхопровід для танків або інших транспортних засобів шляхом швидкої установки і наведення мостів. Гідравлічна система цієї машини має наступні риси: гідравлічна система із LS-керуванням, прийняття блоку противаг для високого навантаження, вирівнювач потужності високої щільності зі спеціальним клапаном, нормалізація зворотного руху.

В результаті проведеного аналізу та співставлення південнокорейських та вітчизняних розробок потрібно зробити висновки про те, що вітчизняні розробки систем наведення та стабілізації танкової гармати мають значний потенціал та конкурентоздатні на світовому ринку. В той же час електрогідравлічні системи броньованих інженерних машин, такі як ремонтно-евакуаційні машини та мостоукладчики вимагають застосування мехатронних електронно-гідравлічних систем, реалізованих за принципом LS.

Література:

1. Ніконов О. Я. Експериментальні дослідження електрогідравлічних інваріантних виконавчих механізмів з нейрокеруванням системи наведення і стабілізації танкового озброєння / О. Я. Ніконов // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – № 2. – С. 81-87.
2. Скворчевський О. Є. Галузі застосування багатофункціональних пропорційних електрогідравлічних перетворювачів / О. Є. Скворчевський // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2007. – № 3 (109), ч. 2. – С. 140-145. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39149>
3. Skvorchevsky A. Y. Modern requirements for electrohydraulic drives of combat and civilian vehicles / A.Y. Skvorchevsky // 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. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/28264>

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ OBD II ЗАДЛЯ КАЛІБРОВКИ МОДЕЛІ СПОЖИВАННЯ ПАЛИВА ЛЕГКОВИМ АВТОМОБІЛЕМ У МІСЬКОМУ ЦИКЛІ

Селевич С.Г., Пасічник Р.О.

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

Для проведення діагностики легкового автомобіля традиційно використовувався, спеціально розроблений виробником тип приладу. Поставка даних приладів здійснювалася виключно авторизованими станціями технічного обслуговування. Що суттєво впливало на вартість діагностики.

Разом із посиленням екологічних норм, до складу техогляду було додано перевірку стану електронних систем авто, а також їх роботи, в частині впливу на токсини, що містяться у вихлопних газах. Саме задля уніфікації діагностики було прийнято стандарт OBD2, який змусив виробників легкових автомобілів оснащувати бортові електронні системи стандартними функціями діагностики.

Окрім загально застосовуваних функцій, таких як: отримання діагностичних кодів стандартних помилок і спеціалізованих кодів виробника, очищення помилок і вимикання MIL за допомогою діагностичного роз'єму OBD2 можна отримати номенклатуру параметрів роботи вузлів та систем автомобіля, а саме: оберти двигуна, миттєва витрата палива, температура охолоджуючої рідини, середня витрата палива, абсолютний тиск повітря, кут випередження запалювання, температура всмоктуваного повітря, масова витрата повітря, положення дросельної заслінки тощо.

У поєднанні із GPS координатами, що можуть бути отримані за допомогою портативного приладу, який за приєднується до OBD сканера за допомогою стандартів Bluetooth або WiFi, такий вимірювальний комплекс дозволяє створити базу даних параметрів руху у міському циклі в реальному часі.

Використання будь-якої з відомих моделей споживання палива особистими транспортними засобами потребує певної калібровки реальними даними та оцінки впливу складності моделі на достовірність результатів моделювання для різних умов руху.

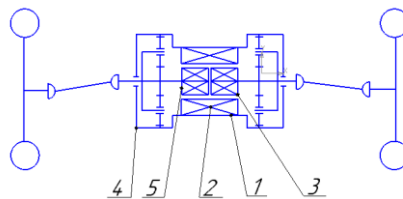
Так для оцінки витрат палива особистого автотранспорту було обрано модель типу StreetSmart. Зазначена модель була розроблений шляхом вимірювання енергії, необхідної транспортним засобам для різних умов руху. Вона оцінює витрати палива які співвідносяться з даними координат GPS від смартфонів і даних по витраті палива від датчика OBD2. Використовуючи дані швидкості їзди, модель успішно прогнозує витрати палива з точністю понад 96%, що є істотним поліпшенням у порівнянні з моделями, які враховують тільки постійні середні швидкості, які, в свою чергу, не враховують ефект зупинки і руху транспорту, що є істотним чинником, та призводить до збільшення витрати палива.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ С ДВУХРОТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

¹Сергиенко Н.Е., ¹Любарский Б.Г., ¹Пастушина М.И., ²Перевозник И.А.

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ²Харьковский государственный автомобильно-дорожный колледж*, г. Харьков

В последние годы производители автомобилей увеличивают производство электромобилей, в которых электрический двигатель (ЭД) выступает в качестве системы основного привода ведущих колес. Анализ конструкций и особенностей применения [1] электроприводов (ЭП) и параметров движения автомобилей показал возможности усовершенствования конструкции. Идея применения ЭД с двумя роторами давно привлекает разработчиков гибридных автомобилей и электромобилей. В данном ЭД в качестве преобразователя передаточной связи используют дифференциальную передачу, имеющую два выхода. Роторы ЭД соединены с ведущими колесами через дополнительные редукторы (см. рис.), что дает возможность увеличить подводимый крутящий момент и уменьшить габариты двигателя.



1 – электродвигатель; 2 – статор; 3, 5 – ротор 1, 2; 4 – редуктор

Рисунок – Схема привода колес электродвигателем с 2-мя роторами

Использование ЭП колес автомобиля с двухроторным ЭД позволяет упростить конструкцию, организовать регулирование подводимого крутящего момента к каждому колесу, обеспечить компактность конструкции и улучшить устойчивость, управляемость и маневренность автомобиля.

Для исследования динамических показателей автомобиля и переходных процессов в ЭП колес с двухроторным ЭД разработана математическая модель в среде Matlab Simulink, на базе работы [2]. В ходе исследований использовали 3D-моделирование конструкции, МКЭ, программы Solidworks, Femm, Matlab.

Задачей теоретических исследований ставится оценка изменения динамики, управляемости и устойчивости движения автомобиля при раздельном ЭП ведущих колес.

Литература:

1. Сергиенко Н.Е., Любарский Б.Г., Пастушина М.И. Особенности использования электрического привода и систем управления на современных автомобилях//Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроение. Х.: НТУ «ХПИ», 2018. № 49 (1325). С. 40-49.
2. Сергиенко А.Н., Любарский Б.Г., Сергиенко Н.Е. Имитационное моделирование гибридного автомобиля с последовательно-параллельным электроприводом силовой установки с синхронным электродвигателем с постоянными магнитами//Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроение. Х.: НТУ «ХПИ», 2011. № 18.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НДС ОТКРЫТОГО ШАРНИРА ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ТРАКТОРА

¹Сергиенко Н.Е., ²Медведева А.В., ²Медведев Н.Г., ³Агапов О.Н.

¹*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*, ²*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*, ³*Харьковский государственный автомобильно-дорожный колледж, г. Харьков*

В настоящее время выпускаются и широко применяются гусеничные тракторы с движителями, имеющими открытый металлический шарнир (ОМШ). Востребованности таких машин способствуют высокие тягово-сцепные свойства, низкое удельное давление на почву, простота и технологичность конструкции ОМШ. Однако увеличение удельной мощности современных тракторов, интенсификация технологических процессов приводят к повышенному износу ОМШ и соответственно снижению срока эксплуатации гусеницы. Об этом говорит анализ данных эксплуатации энергонасыщенных тракторов ВТ-175С, ХТЗ-181, Т-250 [1]. Поэтому сегодня имеется необходимость усовершенствования традиционных конструктивных схем и технологии изготовления гусеничного движителя, применения материалов с улучшенными характеристиками. В первую очередь это относится к ОМШ. Такую задачу можно решить в том случае, если определено напряженно-деформированное состояние составляющих элементов шарнира. На достаточно высоком уровне эту задачу можно решить уже на этапе проектирования с использованием современных информационных технологий и программ [2], сокращая и удешевляя цикл «проектирование – изготовление – испытания».

В работе представлены алгоритм и результаты исследования нагруженности ОМТ гусеницы трактора на базе конечно-элементной модели двух траков, соединенных пальцем. Представлены этапы оценки нагруженности ОМШ, включающие 3D моделирование ОМШ в SolidWorks, создание конечно-элементных моделей трака, пальца и их сборки, исследование поведения модели под нагрузкой при помощи пакета программ Ansys Workbench. Рассматривалась серийно выпускаемая гусеница трактора класса 3 в режимах предельных нагрузок. Перед проведением исследований проведено тестирование модели. Определены эквивалентные напряжения в траке и пальце, распределение давления по контактным поверхностям пальца и проушины, напряжения по длине соединительного пальца, а также их деформации. Распределение напряжений, давлений существенно влияет на износ проушины трака и пальца. По известной методике при заданных исходных данных для маргатовистых сталей оценен износ ОМШ.

Литература:

1. Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Лебедєв А.Т. Ефективність реалізації тягового зусилля тракторами класичної схеми та з шарнірно-зчєнованою рамою. Техніка і технології АПК. Х.: Друкарня ТОВ «Компанія «Астера Україна», 2017. №12. С. 7-13. 2. Сергиенко Н.Е., Медведева А.В., Сергиенко А.Н. Исследование нагруженности звена гусеницы // Вісник НТУ „ХПІ”. 36. н. праць. Серія: Транспортне машинобудування. Х.: НТУ „ХПІ», 2017. №5(1227). С.47-53.

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ МАШИНИ ЗІ ЗДВОЄНИМ ЗЧЕПЛЕННЯМ В СЕРЕДОВИЩІ AMESIM

Сергієнко М.Є., Свідло В.С., Турчаніков А.Г.

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

Зчеплення є невід'ємною частиною механічної трансмісії транспортних засобів і його будова постійно вдосконалюється.

Основною проблемою щодо елементів трансмісії в наш час є задоволення максимально повної та ефективної передачі крутного моменту з забезпеченням найбільш ефективного використання трактора (автомобіля) при зменшенні витрат на керування та в експлуатації. Виявлення рішення дає можливість зменшення витрати палива, дотримання екологічних норм, покращення тягово-динамічних та техніко-економічних показників транспортного засобу. Звідси з'являється задача, пов'язана з удосконаленням процесу включення зчеплення при перемиканні передач та системи управління ДВЗ, зчепленням та КПП. Наступною ланкою зчеплень є здвоєні муфти зчеплення, які дозволяють здійснювати переключення передач без розриву потоку потужності, які починають широко використовуватись на транспортно-тягових машинах.

В роботі на підставі аналізу і порівняння сучасних конструкцій здвоєних зчеплень [1] в складі трансмісій транспортних засобів з преселективними коробками передач пропонується рішення задачі покращення показників машини на підставі результатів математичного моделювання зчеплення в складі трансмісії и транспортного засобу [2]. Результати моделювання дослідницького варіанту удосконаленого здвоєного зчеплення, яке забезпечує зменшення витрат енергії на управління та при передачі крутного моменту, дозволяє будову динамічних показників машини, перехідних процесів в зчепленнях при різних законах керування приводом та ДВЗ.

Важливим аспектом перед запровадженням його є випробування у різних умовах експлуатації та можливість своєчасного виявлення недоліків. Також необхідно дослідження і випробування на машинах усіх класів. Інструментом для ефективного моделювання процесів у цих мехатронних системах автомобіля або трактора є програма LMS Imagine LAB AMESim.

Моделювання у середовищі LMS AMESim дозволяє побудову універсальної моделі автомобіля (трактора) зі здвоєним зчепленням та преселективною КП з можливістю оцінки показників при різноманітних параметрах і навантаженнях машини.

Література:

1. Сергієнко М.Є., Свідло В.С., Кузьменко Л.В. Аналіз сучасних конструкцій здвоєних зчеплень транспортно-тягових машин// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. Х.: НТУ «ХПІ», 2018. № 49 (1325). С. 50-57.
2. Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М. Математичне моделювання перехідних процесів в муфті зчеплення трактора / Тези доповідей XXVI міжн. н.-практ. конф. У чотирьох частинах. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. (16-18 травня 2018 р. Харків) за ред. Сокола Є.І. / Х.: НТУ «ХПІ», 2018. Ч.1. С.189

УСТРАНЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЗМА, ВЫЗВАННОЙ КОНСТРУКТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

Сериков В.И., Бондаренко А.В., Зарубина А.А.

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

Анализ замкнутой кинематической цепи позволил выявить противоречия между геометрией механизма и требованиями кинематического соответствия его элементов.

Было выявлено, что скорость точки, расположенной на набегавшем на звездочку шарнире цепи, нелинейно изменяется в пределах 20% от максимальной величины, что приводит к динамическим нагрузкам на цепь, абсолютные величины которых зависят от угловой скорости ведущей звездочки механизма. Нелинейность имеет ярко выраженный несимметричный характер. При одинаковом повороте ведущей и ведомой звездочек указанная точка набегает на ведущую звездочку и одновременно такой же процесс происходит на ведомой, только в зеркальном отражении. Следовательно, скорость цепи в пределах одной ветви (как на набегавшей ветви цепи, так и сбегавшей) имеет различные значения. Очевидно, что при однозначной кинематике механизма это должно приводить к его заклиниванию.

Расчет показывает, что при идеально жестких цепи и направляющих разность перемещений указанных точек для двух звездочек может достигать 8 мм. Хотя реально за счет податливости цепи эта разница будет меньше, но все же она должна приводить если не к заклиниванию цепи, то, по крайней мере, к "заеданию" механизма.

Аналогичный результат был получен при анализе с помощью другой расчетной схемы, позволяющей проследить изменение угла поворота ведомой звездочки в зависимости от угла поворота ведущей.

В результате анализа указанной проблемы предложены несколько технических решений, направленных на устранение разницы перемещений ведомого и ведущего звеньев, приводящих к заклиниванию механизма. Эти технические решения были проанализированы при помощи различных расчетных схем. Использование различных расчетных схем было обусловлено особенностями рассматриваемых вариантов.

ПУЛЬСАЦІЇ МОМЕНТУ У СИНХРОННИХ МАШИНАХ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Степук О.В., Марусенко С.І.

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

Зростання масового виробництва електромобілів та безпілотних літальних апаратів у останні 10–15 років призвело до зростання попиту на удосконалення та створення нових технічних рішень електромоторів, у першу чергу, синхронних машин на постійних магнітах. Існуючі конструкції використовують три топології магнітного поля: радіальну, аксіальну та поперечну. Перша – найбільш часто використовується з огляду на технологічність, друга – через більш високі волюметричні показники, третя – через високу енергоефективність. Разом із тим, для всіх них характерно виникнення моменту залипання при старті–пуску та пульсації у робочому режимі. Ці ефекти призводять до виникнення вібрацій і шумів зазначених типів електричних машин.

Мета дослідження – аналіз впливу деяких геометричних та фізичних факторів, що дозволяють знизити паразитні коливання моменту у існуючих конструкціях. Розглянуто вплив профілювання, ламінування, магнітного екранування і дробової частки (0.25–0.5) кількості пазів до кількості полюсів і фаз на момент.

У математичну модель розрахунку моментів включено стандартне співвідношення для двовісних синхронних машин $T = m/2 * (p(\lambda_d i_q + \lambda_q i_d))$, де m – кількість витків на фазі, p – кількість полюсних пар, λ – магнітне розсіювання, i – струм, індекси d і q відносяться до відповідних осей.

Чисельна реалізація здійснена із використанням МСЕ на доступних програмних комплексах розрахунку електромагнітних та механічних полів. Також виконувався спектральний аналіз виникаючих пульсацій. Математичне моделювання динамічного стану машин здійснено для двох конструкцій електродвигунів із ламінованим статором і цільним феритовим, виконаним з використанням 3–D друку. Аналіз виконувався для квазістатичного і динамічного стаціонарного режимів.

Отримані результати дозволили визначити оптимальні кути нахилів магнітів, їх профілювання, що дозволить знизити пульсації. Те ж саме досягається ламінуванням, що дозволяє знизити магнітне розсіювання та втрати. Використання феритових моделей також знижує пульсації, але одночасно погіршуються показники енергоефективності машин. Спектральний аналіз власних частот і форм коливань дозволяє вибрати оптимальні для конкретних застосувань машин способи зниження пульсацій та моменту залипання.

Порівняння результатів із наявними експериментальними даними показало прийнятну точність розрахункових моделей.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ ЛОКОМОТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Тіщенко В.С.

*Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків*

Представлено розроблене математичне забезпечення для проведення розрахункових досліджень з урахуванням особливостей формування експлуатаційних навантажень колінчатого валу локомотивної енергетичної установки (ЛЕУ). Таке математичне забезпечення надало можливість розробки відповідної математичної моделі, необхідної для дослідження формування реакцій опор у виділені при розробці формалізованого описання механічної системи сучасних ЛЕУ підсистемі колінчатого валу. Відмічено, що розроблена математична модель дозволяє проводити дослідження з формування навантажень на колінчаті вали з урахуванням як особливостей конструкції механічної системи ЛЕУ, так і експлуатаційних режимів роботи дизеля, що входить до складу ЛЕУ.

Представлено розрахункову схему для визначення опорних реакцій колінчатого валу, що стала основою для розробки відповідного математичного забезпечення, яке дозволяє проводити розрахункові дослідження експлуатаційних навантажень колінчатого валу. Обґрунтована доцільність використання представленого математичного забезпечення при дослідженнях навантажено-деформованого та зношеного стану колінчатих валів сучасних ЛЕУ в експлуатації.

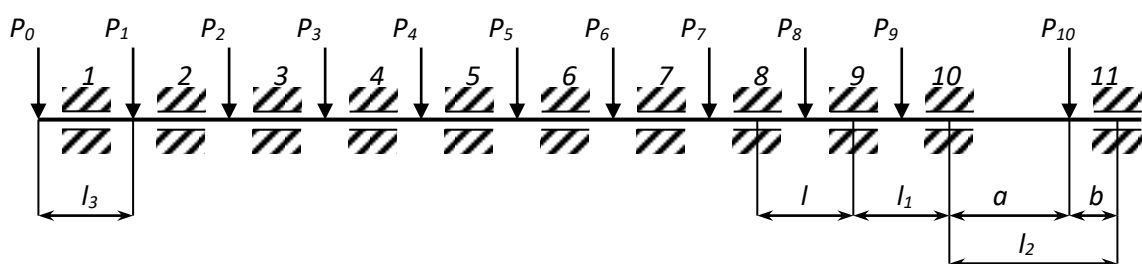


Рисунок 1 – Розрахункова схема підсистеми
колінчастого валу

ЖОРСТКІСТЬ КОНТАКТНИХ СПОЛУЧЕНЬ В УНІВЕРСАЛЬНИХ ЗБІРНИХ ПРИСТОСУВАННЯХ ІЗ УРАХУВАННЯМ ПОДАТЛИВОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ

Ткачук М.М., Грабовський А.В., Саверська М.С.,

Ткачук М.А., Васильченко Д.Р.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Збирання універсально-збірних пристосувань (УЗП) – це верстатне пристосування, що оперативно збирається для закріплення та базування у процесі обробки на верстаті тієї чи іншої деталі. Після виготовлення партії деталей збірка УЗП розбирається, а її елементи можуть бути використані повторно.

Універсально-збірні пристосування мають у своєму комплекті набір базових (плит) та базуючих (наприклад, призми) елементів.

Ці деталі виготовляються з високою точністю, а також є доволі масивними. За рахунок цього забезпечується висока жорсткість збірних пристосувань, а, отже, і зниження похибок виготовлення деталей на металорізальних верстатах. Тим не менш, у цій механічній системі присутній додатковий чинник, який може негативно вплинути на жорсткість закріплення заготовки, а саме скінченна податливість поверхневого шару у контакті базових та базуючих елементів. Аналіз впливу цього фактору на жорсткість УЗП здійснено за допомогою чисельного моделювання та експериментального дослідження.

Побудовано скінченноелементну модель найпростішої збірки із плити з двома призмами. Для урахування скінченної податливості в місці спряження цих елементів у моделі встановлено прокладку зі змінними пружними властивостями.

За результатами розрахунків встановлено, що характер деформування визначається співвідношенням сил попереднього затягування болта між плитою та призмами та горизонтальним зусиллям розпору. Якщо останнє, тобто навантаження від оброблюваної заготовки залишається порівняно малим, то розкриття стику не відбувається. Однак зі зростанням цієї сили розподіл контактного тиску стає все більш нерівномірним, його максимум зміщується до дальнього ребра призми.

Цей висновок підтверджується експериментальними дослідженнями із використанням чутливих до контактного тиску плівок.

Отримані контактні відбитки наочно демонструють розподільчу здатність проміжного шару, який згладжує нерівномірність розподілу контактного тиску.

У результаті встановлено, що характеристики податливості поверхневого шару чинять значний вплив на поведінку складених конструкцій із болтовим з'єднанням. Також створена можливість для визначення граничних умов, за досягнення яких виникає перехід від одного до іншого механізму деформування у зоні спряження елементів УЗП.

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

¹Ткачук М. А., ¹Грабовський А. В., ¹Ткачук М. М.,

²Хлань О. В., ²Малакей А. М., ²Шуть О. Ю., ²Заворотній А. В.

¹*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*, ²*ДП «Завод імені В.О.Малишева», м. Харків*

При створенні оригінальних методів, алгоритмів і програмного забезпечення для моделювання 3D об'єктів складної геометричної форми застосований багаторівневий підхід для побудови 3D, 2D, лінійних і комбінованих моделей, запропонований авторами. Сутність запропонованих методів полягає у створенні моделей досліджуваних об'єктів протягом декількох етапів. На першому етапі багатовимірною моделлю створюється за допомогою САД-системи. Після цього відбувається процедура структуризації моделі, видалення незначущих елементів і спрощення структури значущих елементів. На підставі певних критеріїв модель або деякі її частини моделюються за допомогою композиції пластин, оболонок, стрижнів і твердих тіл. До модифікованої моделі додається набір граничних умов, в цьому випадку ці умови визначено вже для ідеалізованої моделі. Після цього аналіз параметрів моделі буде продовжуватися. Значущі параметри і параметри, які змінюються у ході досліджень, утворюють простір параметрів моделі. Специфічні кореляції, обмеження і умови, пов'язані з даними параметрами, можуть бути встановлені у цьому просторі. Одержана параметрична модель є основою для побудови чисельної моделі. Усі головні дані формують відповідну базу даних з єдиним обраним стандартом. Для побудови моделей використовуватиметься схема, при якій створюються спеціалізовані алгоритми і програмне забезпечення, що орієнтовані на певні класи об'єктів. Таким чином, маємо поєднання переваг універсальних САД-систем і спеціалізованих підходів. При розвитку методів, алгоритмів і програмного забезпечення для створення чисельних моделей 3D об'єктів складної геометричної форми пропонується система формування чисельних моделей для застосування методу скінчених елементів. Вона передбачає алгоритми формування сіток скінчених елементів, навантажень на вузлах сітки і граничних умов, які враховують індивідуальні особливості об'єкту. У цьому випадку всі дані зводяться до єдиного стандарту, який є основою для обміну даними між 3D моделлю і різними скінченно-елементними моделями. У результаті цієї роботи створюється відповідна база даних. Вона включає як дані про модель, так і результати обчислень. При розвитку схем розшифровки експериментальних даних і їх порівняння з чисельними результатами пропонуються оригінальні структури інформації із єдиним форматом.

ДОСЛІДНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Ткачук М. А., Ляшенко А. С., Погребняк Д. А., Ананьїн Є. С.

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

Мета роботи - створення дослідної установки і розвиток програмного забезпечення на основі нових оригінальних чисельних і експериментальних методів для визначення напружено-деформованого стану (НДС) елементів складних конструкцій на прикладі вітроенергетичних установок за допомогою методу скінченних елементів і методу голографічної інтерферометрії з метою досягнення вищої точності, забезпечення ресурсу та безпеки, скорочення терміну і вартості досліджень та досягнення високої якості чисельних моделей. Основні напрями досліджень: 1) Розробити оригінальні авторські методи ідентифікації параметрів для дослідження складних та надскладних механічних систем, на прикладі вітроенергетичних установок. 2) Розробити критерії невідповідності результатів числових та експериментальних досліджень. 3) Розробити єдиний формат даних результатів числових та експериментальних досліджень. 4) Розробити експериментальну голографічну установку. 5) Розробити нові технології запису та розшифровки інтерферограф. 6) Здійснити трансфер військових технологій у цивільні проекти.

Запропонований підхід має багато переваг та широку область застосування. Створена технологія є корисною для промисловості. Це забезпечує науково-інженерні дослідження ефективним та відносно недорогим інструментом. Його основними особливостями є: 1) можливість записати характеристики нелінійної поведінки досліджуваного об'єкту (на прикладі вітроустановок) безконтактним способом безпосередньо на працюючому обладнанні; 2) швидкість та оперативність технології досліджень, низька ціна установки та необхідного обладнання; 3) високий точність вимірювань та обчислень, яка властива методам, що використовуються (метод скінченних елементів – МСЕ - та голографічна інтерферометрія –ГІ); 4) стійкість технології до впливу природних умов і зовнішнього втручання; 5) універсальність методів і технології, що розвивається: вона може бути застосована для різних об'єктів і працює з різними параметрами, що визначаються, як, наприклад, навантаження, граничні умови, властивості матеріалів; 6) придатність до модернізації: програмне забезпечення і алгоритми можуть бути модернізовані і пристосовані до нових об'єктів і процесів, які становлять інтерес для промисловості; 7) наявний досвід та суттєві досягнення в цій області доступні для дослідників: є заздалегідь виготовлені компоненти і перевірена методологія, які можуть бути використані для подальших удосконалень.

МОДУЛЬНО-ЕТАПНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ткачук М. А., Саверська М. С., Ткачук Г. В., Набоков А. В.

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

Для реалізації нових методів розрахунково-експериментальних досліджень пропонується модульно-етапна технологія. Вона передбачає розбиття самого інструменту досліджень на модулі, а його здійснення – на етапи.

Основні етапи досліджень: 1. Огляд переваг і вибір методів дослідження. Загальні схеми і основа числових і експериментальних методів. 2. Нові оригінальні методи для моделювання 3D тіл складної геометричної форми. 3. Єдиний стандарт для зберігання і передачі інформації про створені скінченно-елементні моделі та відповідні експериментальні дані. 4. Схеми оперативного отримання і ефективна обробка експериментальних даних. 5. Метод корекції чисельних моделей на основі порівняння чисельних результатів і результатів експериментів. 6. Дослідна установка.

Головні складники роботи: 1) розвиток нових оригінальних теоретичних підходів, методів, алгоритмів і програмного забезпечення для чисельних досліджень напружено-деформованого стану складних тіл із урахуванням контактної взаємодії; 2) розвиток оригінальних технологій запису і методів розшифровки спекл-інтерферограм; 3) розвиток методів, алгоритмів і програмного забезпечення для порівняння результатів чисельних і експериментальних досліджень напружено-деформованого стану тіл складної форми з метою отримання дійсних верифікованих чисельних скінченно-елементних моделей; 4) розвиток і створення експериментальної установки для обчислень і експериментів.

Для забезпечення виконання досліджень залучається наступне обладнання:

- Компоненти лазерної установки;
- Скануючі пристрої введення графічної інформації і отримання голографічних картин на комп'ютері;
- Технологія для зберігання і обробки чисельної та експериментальної інформації відразу на місці дослідження;
- Технологія для зберігання результатів дослідження та дії з єдиною базою даних.

Крім того, залучаються: потужний комп'ютерний кластер для поглибленого дослідження механічних систем, стаціонарна голографічна установка, робочі станції.

**РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ТІЛ**
Ткачук М. А., Мартиненко О. В, Ткачук Г. В., Грабовський А. В.,
Ткачук М. М., Бондаренко М. О., Мухін Д. С.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Мета роботи – розробка та реалізація розрахунково-експериментальних методів. Особлива важливість та актуальність цієї проблеми зумовлюється тим, що, по-перше, ліквідується відставання у галузі ефективних інструментів досліджень складних механічних систем, а, по-друге, це є чи не єдиним шляхом створення зразків конкурентоспроможної продукції, що за своїми технічними чи тактико-технічними характеристиками будуть не просто відповідати, а переважати світові аналоги. Вперше багатогранна проблема досліджень, аналізу та синтезу механічних систем на основі єдиного підходу, єдиної технології, єдиних критеріїв поєднується у спеціалізованому програмно-апаратному комплексі. Наукова складова базується на трьох унікальних авторських розробках: 1) метод узагальненого параметричного опису складних та надскладних механічних систем; 2) розрахунково-експериментальний метод досліджень на базі методів скінчених елементів, технології чутливих до тиску плівок та голографічної інтерферометрії. Це забезпечує рівень, що переважає світові розробки. Основними вирішеними завданнями є розробка та модернізація методів чисельного аналізу напружено-деформованого стану складних об'єктів з урахуванням контактної взаємодії; розробка схем запису, збереження та обробки різних видів інформації про напружено-деформований стан досліджуваних тіл; розробка та поліпшення схем розшифровки контактних відбитків, голографічних спекл-інтерферограм та вводу відповідної графічної інформації в комп'ютер; розробка методів, алгоритмів та програмного забезпечення зв'язку „об'єкт-голографічна установка-комп'ютер-дослідник”; а також розробка комплексної системи чисельних та експериментальних досліджень міцності і жорсткості складних об'єктів та відповідного програмного забезпечення. У результаті здійснюється теоретико-експериментальне дослідження міцності та жорсткості складних механічних конструкцій. Це дає можливість визначати достовірні розрахункові моделі досліджуваних об'єктів різної природи і тим самим підвищувати точність числових розрахунків міцності та жорсткості. Точність вимірювання переміщень поверхні досліджуваного об'єкта досягає 0.1-0.5 мкм. Похибка вимірювання контактного тиску – до 5%. Робота програмного забезпечення базується на оригінальних методах, схемах і алгоритмах поєднання скінченно-елементних підходів, чутливих до тиску плівок та голографічної спекл-інтерферометрії, нових оригінальних схемах збереження інформації про чисельні та експериментальні дослідження, нових оригінальних схемах запису та розшифровки контактних відбитків, спекл-інтерферограм, а також методах інтегральної оцінки неузгодження результатів експериментальних та чисельних досліджень.

РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПАРАМЕТРИЧНОГО ОПИСУ СКЛАДНИХ ТА НАДСКЛАДНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

**Ткачук М. А., Саверська М. С., Мухін Д. С., Куценко С. В., Лісовол Я. М.,
Мерецька К. О., Коба А. М., Васильченко Д. Р., Головін А. М.,
Шеманська В. В., Зарубіна А. О.**

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

Запропоновані теоретичні основи узагальненого параметричного опису складних та надскладних механічних систем (НСМС), що розширюють апарат традиційного параметричного підходу до аналізу та синтезу складних систем на основі теоретико-множинного підходу, теорії нечітких множин і методу базових параметричних операцій. На розробленому теоретичному підґрунті реалізовано унікальний програмно-апаратний комплекс для моделювання фізико-механічних процесів у НСМС. У результаті створюється можливість науково-методичного забезпечення розробки нових конструкцій з високими (на рівні та вище світових зразків) технічними характеристиками: альтернативних джерел енергії на базі вітроенергетичних установок великої одиничної потужності, паливних елементів на твердому оксиді, жаростійких лопаток турбомашин з високим ККД, унікальних конструкцій вібромашин, транспортних засобів надвисокої місткості, двигунів для військових і цивільних машин, гідропередач. Одержано принципово нові наукові результати у розробці методів автоматизованого моделювання складних машинобудівних конструкцій на основі поєднання переваг універсальних програмних засобів та спеціалізованих модулів. При цьому досягається кількаразова економія коштів, часу та ресурсів при розробці нових та модернізації існуючих виробів. Розроблена нова технологія надоперативної верифікації чисельних моделей фізико-механічних процесів за рахунок взаємозв'язаного паралельного проведення числових і експериментальних досліджень та коригування моделей на основі критерію відповідності результатів аналізу. При цьому точність моделювання, адекватність моделей та достовірність результатів забезпечується на рівні часток відсотка. Завдяки цьому самі верифіковані моделі вже мають самостійну ринкову вартість в Україні та на міжнародному ринку. У результаті створені передумови для наукового забезпечення підвищення тактико-технічних характеристик зразків вітчизняного озброєння та машин цивільного призначення, в результаті чого підприємства, що їх проектують та виробляють, виходять на світовий ринок великої ємності. При застосуванні сучасного обладнання та розроблених методів і технологій досліджень створені також передумови обґрунтування параметрів ендопротезів хребта та суглобів з урахуванням індивідуальних особливостей патологій та пацієнтів. У підсумку, створені умови для оперативного розрахунково-експериментального дослідження нових механізмів, машин та приладів, що зробить цикл розробок стиснутим у часі, а значить, створювані зразки – конкурентоспроможними.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ПРОГРЕСИВНИХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

¹Ткачук М. М., ¹Устиненко О. В., ¹Ткачук М. А.,

²Протасов Р. В., ¹Бондаренко О. В., ¹Грабовський А. В.,

¹Васильченко Д. Р., ¹Саверська М. С.

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²*Словацький технічний університет, м. Братислава*

На сьогоднішній день відомо багато систем зачеплень з підвищеною навантажувальною здатністю, наприклад, передачі Новікова, двопараметричні та еволютні. І ті, й інші мають свої переваги і недоліки. При цьому практично не застосовується загальний підхід при синтезі таких передач. До цих пір ведуться дискусії про сферу застосування різних видів зачеплень, їх переваги та недоліки.

Основна мета досліджень – створення прогресивних конкурентоспроможних зубчастих передач, які мають підвищену навантажувальну здатність, а також забезпечують вищі якісні показники зачеплення.

При вирішенні поточних завдань, що виникають при розробці методів синтезу зачеплень та дослідження їх навантажувальної здатності, пропонується використання як відомих, раніше обґрунтованих і перевірених методів, алгоритмів і програмного забезпечення, так і оригінальних, які пропонуються авторами та окремі елементи яких розроблені впродовж багаторічних досліджень у ході виконання фундаментальних і прикладних досліджень.

Синтез робочих поверхонь зубців здійснюється на основі методів Ф.Л. Литвина і М.Л. Новікова, а також на основі теорії синтезу еволютного зачеплення. У результаті синтезу складнопрофільних поверхонь зубців будується параметрична модель зубчастого колеса із застосуванням сучасних програмних продуктів. Здійснюється аналіз якісних показників зачеплення та досліджується його навантажувальна здатність і витривалість. При цьому застосовуються рішення просторової контактної задачі, а також метод скінчених елементів, теоретичні розв'язки в області розвитку втомних тріщин. Реалізація рішення здійснюється за допомогою сучасних програмних продуктів, наприклад ANSYS.

У результаті розробляються теоретичні основи синтезу складнопрофільних спряжених поверхонь зубців різних видів зачеплень, методика синтезу робочих поверхонь зубців еволютних та двопараметричних передач, методи теоретичного дослідження ПДС зубців, їх витривалості, прикладні методики і алгоритми синтезу геометрії, аналізу якісних показників, розрахунків на міцність і довговічність зубчастих передач із новими типами зачеплення.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НАХИЛОМ КУЗОВА РУХОМОГО СКЛАДУ

Полякова С.А., Єріцян Б.Х.

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

В роботі зроблено порівняльний аналіз різних систем управління нахилом кузова (СУНК). СУНК призначена для прийняття рішення про необхідність нахилу кузова і обчислення кута нахилу, що забезпечує в поточних умовах необхідну компенсацію непогашених бічних сил. Вона ґрунтується на даних безпосереднього вимірювання кута нахилу шляху та непогашеного бічного прискорення, або на даних, отриманих від датчиків на шляховій структурі, або даних про шлях, закладених у бортовому комп'ютері поїзда і обчисленні його поточного становища за сигналами системи глобального позиціонування (GPS).

При схемі безпосереднього вимірювання кута нахилу шляху і непогашеного бічного прискорення, вимірювання ведуться в напрямку руху двома акселерометрами та двома гіроскопами на задній візку, а також двома акселерометрами на передній візку головного вагона. Сигнали гіроскопів та акселерометрів, а також дані про швидкість обробляються мікропроцесором, і на їх основі, встановлюється необхідна величина нахилу кузова. Кут нахилу контролюється зворотним зв'язком. У такій системі при куті нахилу $6...8^{\circ}$ компенсується до 80% поперечних прискорень.

Введення даних про криву в систему управління від датчиків на шляховій структурі застосовується на поїздах Японії, де в якості силового приводу використовуються пневматичні циліндри. Низька швидкодія пневматичного приводу вимагає попереднього спрацьовування механізму нахилу. Використовуючи дані про криву, що зберігаються в поїзному комп'ютері, нахил кузова починається на деякій відстані перед входом в криву, щоб компенсувати інерційність механізму нахилу. Кут нахилу контролюється відповідно до проходженням поїздом кривої, щоб забезпечити більш точний і м'який поворот кузова. Ця система управління дозволяє також оптимізувати кутову швидкість повороту кузова.

Третя система, яка названа випереджаючою, була застосована на поїзді ETR 600. Вона заснована на використанні попередньо записаних в пристрої бортової системи управління відомостей про маршрут, по якому слід поїзд і, відповідно, про місцезнаходження та радіусі кривих, що лежать попереду. Ця система заздалегідь локалізує поїзд в реальному часі і завчасно пускає в хід механізми нахилу кузовів, покращуючи тим самим відчуття комфорту у пасажирів за рахунок наявності більшої кількості варіантів нахилу кузова при вході поїзда в кожную криву. За результатами аналізу виявлено, що найбільш прогресивним варіантом системи управління представляється застосування випереджаючої системи, яка дозволяє заздалегідь підготувати механізм нахилу до входу в криву. При цьому поточний кут нахилу може коригуватися за сигналами від датчиків – акселерометрів і гіроскопів.

СТАТИСТИЧНІ ДАНІ ЩОДО СУЧАСНИХ ТРАКТОРІВ ПРОВІДНИХ СВІТОВИХ ВИРОБНИКІВ

Ребров О.Ю., Шевцов В.М., Чепкий К.С.

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

При створенні нових перспективних конструкцій вітчизняних тракторів важливим є питання вивчення досвіду світового тракторобудування, аналіз технічних показників сучасних тракторів. Особливий інтерес викликають також вартісні показники і схемні рішення закордонних зразків техніки. Тому для аналізу було вибрано понад 800 тракторів світових виробників, що присутні на ринку нових моделей. В процесі аналізу встановлено, що на ринку присутні трактори з синхронізованими трансмісіями – 34,1%, з трансмісіями PowerShift – 36,9% та безступінчастими трансмісіями (CVT) – 30,0%. Синхронізованими трансмісіями обладнуються трактора в інтервалі потужності 32-220 кВт, PowerShift – 43-462 кВт, безступінчастими – 31-505 кВт.

При цьому відношення потужності двигуна до маси трактора або його енергонасиченість складає: для синхронізованих трансмісій – 13,3-33,8 кВт/т, для PowerShift 12,4-28,6 кВт/т, для безступінчастих 12,3-30,0 кВт/т. Такі дані свідчать про те що світові виробники пропонують трактори з суттєвим запасом потужності по відношенню до його маси. Тобто це вже трактори не тягової концепції, для яких вся потужність двигуна може бути реалізована в тяговому технологічному процесі. Граничне значення енергонасиченості для тракторів тягової концепції складає близько 20 кВт/т. Так частка тракторів з енергонасиченістю більше 20 кВт/т для синхронізованих трансмісій складає 60%, для PowerShift – 25%, для безступінчастих трансмісій – 40%. Також слід відзначити, що до 40% потужності тракторів з синхронізованими трансмісіями можуть використані на привід сільськогосподарських знарядь шляхом гідравлічного відбору потужності та через вал відбору потужності, до 30% потужності для тракторів з PowerShift і до 33% – для тракторів з безступінчастими трансмісіями.

Якщо розглянути вартість потужності трактора, то виявляється, що для тракторів з синхронізованими трансмісіями вона складає 458-1840 євро/кВт, для PowerShift 594-1380 євро/кВт, для безступінчастих 555-1912 євро/кВт.

Крім того, при однаковій потужності двигуна в одному модельному ряді вартість одного кіловату потужності трактора з безступінчастою трансмісією в середньому на 7-8% вище.

Вартість одиниці маси для тракторів складає: синхронізовані трансмісії – 7,8-36,3 євро/кг, PowerShift – 11,1-24,3 євро/кг, безступінчасті – 11,5-40,2 євро/кг.

Таким чином, наведені дані дають загальну картину стану сучасного світового тракторобудування і свідчать про суттєве підвищення енергонасиченості тракторів, що поступово виводить їх за рамки тягової концепції трактора.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ТОНКОСТІННИХ ВИРОБІВ

Чепурний А.Д.³, Шейченко Р. І.², Ткачук М.А.¹, Ткачук М. М.¹,
Бондаренко М.О.¹

¹*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

²*КК «РейлТрансХолдинг», м. Маріуполь*

³*КК «РейлТрансХолдинг», м. Москва*

До сучасних інноваційних виробів ставляться вимоги безпеки експлуатації, міцності, довговічності, енергоефективності, економічності тощо. Це змушує на етапі проектування, технологічної підготовки виробництва та виготовлення привертати увагу до аналізу їх напружено-деформованого стану при варіюванні параметрів та режимів експлуатації. З цією метою розроблені відповідні підходи, методи, моделі та програмні засоби для варіативного дослідження напружено-деформованого стану найбільш навантажених та відповідальних тонкостінних елементів інноваційних конструкцій. Їх основною відмітною особливістю є наскрізна параметризація усіх моделей. Це дає змогу цілеспрямовано зміцнювати поточні варіанти проектно-технологічних рішень із урахуванням чинних критеріїв та обмежень.

Запропоновані моделі та методи реалізовані у вигляді спеціалізованих програмних модулів які вмонтовуються у відповідні САПР. Це забезпечує можливість автоматизації пошуку раціональних проектно-технологічних рішень для інноваційних виробів. Це, зокрема, вагони-цистерни, вагони-платформи, перевантажувачі, крани із підвищеною навантажувальною здатністю, подовженим терміном служби та поліпшеним коефіцієнтом використання тари.

Таким чином, на основі параметричного моделювання розроблено новий підхід до проектного забезпечення міцності інноваційних тонкостінних машинобудівних конструкцій, який, на відміну від традиційних, містить два етапи. На першому етапі на основі евристичних прийомів та із урахуванням досвіду аналогічних проектів розробляється структура та загальнокомпонувальні рішення інноваційних виробів, а на другому – здійснюється досягнення проектних критеріїв і обмежень шляхом цілеспрямованого варіювання проектно-технологічних параметрів. Таке поєднання неформалізованих і формалізованих складових дає можливість (порівняно з традиційними методиками) приймати більш досконалі технічні рішення.

Усі розроблені у ході досліджень рекомендації втілені у низці інноваційних виробів, які довели переваги своїх техніко-економічних характеристик порівняно із серією аналогічних виробів, спроектованих та виготовлених без застосування розроблених підходів, методів, моделей та засобів.

Розроблені підходи, моделі і методи можуть бути використані у практиці наукових досліджень і проектних розробок інноваційних тонкостінних машинобудівних конструкцій у різних галузях.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІДРИВУ БОРТІВ ШИНИ ВІД ОБОДУ КОЛЕСА ВСЮДИХОДА

Шабалін О.Ю.¹, Сергієнко М.Є.², Калінін П.М.¹, Жережон-Зайченко Ю.В.¹

¹*Національна академія Національної гвардії України,*

²*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Висока боєготовність військової техніки для Національної гвардії України безумовно передбачає можливість якісного проведення необхідних ремонтних робіт. Відомо, що для повноприводних енергонасичених транспортних засобів високої прохідності, зокрема, всюдиходів, БТР, характерним є випадки «приварювання» бортів шини до ободу коліс і демонтаж такої шини має великі труднощі, особливо у польових умовах. Проведений в НАНГУ натурний експеримент з одним з пристроїв для відриву бортів шини від ободу колеса БТР виявив його значні конструктивні недоліки, що привело до порушення геометрії пристрою, деформування його елементів і, як наслідок, неможливості багаторазового його використання. Враховуючи великі масо-габаритні параметри пристрою, незручність у транспортуванні, значну тривалість виконання демонтажних операцій прийнято рішення по доцільності пошуку нових конструктивних рішень пристроїв для проведення демонтажних робіт з колесами БТР.

Запропонована конструкція пристрою для демонтажу коліс з роз'ємних ободом (Патент України № 116622) є розбірною, зручна у транспортуванні та зберіганні, а використання у якості силового агрегату штатного домкрату підвищує її ефективність, компактність та зручність. Близьке розташування віджимних елементів пристрою до закрайків ободу колеса мінімізує небажані деформації шини та можливі її руйнування. З метою поширення діапазону типорозмірів демонтованих коліс запропонована вдосконалена конструкція пристрою (Патент України № 122257), яка в опорних дисках пристрою має наскрізні та рівномірно розташовані по колу у радіальному напрямку пази, через які проходять шпильки – захвати, а ребра жорсткості рухомого диску використовуються як опори та напрямні для зміни положення віджимних лапок в залежності від типорозміру ободу демонтованого колеса.

З метою спрощення конструкції означеного пристрою запропоновано вдосконалений варіант пристрою без верхнього опорного диска Одночасно з вдосконаленням конструкції пристрою ведуться роботи по розрахунку та параметричній оптимізації пристрою з використанням методу кінцевих множин на тривимірній моделі пристрою та методу допустимих множин.

Поряд з напрямком вдосконалення конструкції розглянутих пристроїв для відриву бортів шини від ободу коліс бронетанкової техніки ведуться роботи з пошуку інших способів відриву бортів шини колеса від ободу транспортного засобу і пристроїв для їх здійснення та патентування отриманих результатів.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ПИТОМИХ ЕНЕРГОВТРАТ ЛІСОТРАНСПОРТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Щупак А. Л., Мачуга О. С.

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів

Підвищення продуктивності наявних лісотранспортувальних машин безпосередньо пов'язане зі зменшенням непродуктивних витрат енергії під час роботи таких машин. Значна частка цих втрат зумовлюється поглинанням частини енергетичного ресурсу в процесі утворення технологічної колії під час руху машини ґрунтовими поверхнями. Інтенсивність енергетичних втрат залежить від експлуатаційних режимів та від реологічних характеристик ґрунтових мас. Вибираючи раціональні режими руху з огляду на швидкість машини, на тиск повітря в колісних рушіях можливо, в певних межах, керувати енерговитратами, підвищуючи продуктивність машини в цілому.

Запропоновано аналітичний метод знаходження питомих енерговитрат процесу утворення колії під час трелювання деревини. Запроваджуються показники, які характеризують частки сумарної питомої енергії, що витрачається на залишкове деформування опорної поверхні, деформування шини, тертя під час проковзування тощо. Частка енергії, яка йде на утворення колії зі загального балансу енерговитрат, визначається розрахунковим шляхом. Енергетична характеристика ґрунту – сумарний коефіцієнт опору Σf , який охоплює границю текучості ω_t , число пластичності ω_p , показник зсуву c_0 – зчеплення, яке визначається міцністю структурних зв'язків, коефіцієнт $\operatorname{tg} \varphi_0$, який залежить від тертя частинок ґрунту в площині зсуву, вологістю та інші показники. Для адекватного моделювання взаємодії колеса з ґрунтом під час розрахунку енергетичних показників враховані пружні й пластичні властивості, характер яких обумовлений дією внутрішніх або зовнішніх сил, які викликають взаємне зміщення частинок ґрунту.

Запроваджені показники дозволили аналітично визначити питому витрату енергії у залежності від вказаних вище факторів, що дає змогу пов'язати продуктивність лісотранспортувальної машини з режимом її роботи.

Загальна продуктивність форвадера:

$$\sum \dot{I} = \dot{I} - \dot{I}_h, \quad (1)$$

де $\dot{I}$ – продуктивність форвадера в ідеальних умовах, $\text{м}^3/\text{год.}$, $\dot{I}_h$ – втрачена продуктивність, $\text{м}^3/\text{год.}$, яку запропоновано представити у вигляді:

$$\dot{I}_h = k \frac{N}{h \cdot A_h} \cdot L, \quad (2)$$

де N – потужність на рушії машини, Вт, h – глибина колії, м, A_h – питома робота колієутворення, $\text{Дж}/\text{м}^3$, L – відстань трелювання, м, k – масштабний коефіцієнт.

Проведені розрахунки продуктивності лісотransпортної машини порівнювались з продуктивністю отриманою експериментальним шляхом. Порівняння результатів дає задовільне співпадіння, що дозволяє рекомендувати розроблену методику для розрахунку енергоефективних режимів роботи лісотransпортних машини під час трелювання деревини.

ВПЛИВ ТИСКУ В ШИНАХ НА ТЯГОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА

Якунін М.Є., Навальський В.А., Трофимова Н.Б.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

Харківський машинобудівний коледж, м. Харків

Правильно підібраний тиск в шинах трактора чинить вагомий вплив на тягові характеристики трактора. При установці тиску в шинах, що не відповідає операції яка виконується, зростає коефіцієнт буксування і знижується тягова потужність трактора. Щоб знизити буксування та поліпшити передачу тягової потужності необхідно встановлювати додатковий баласт, але при збільшенні загальної маси трактора, збільшується навантаження на ґрунт, що веде до його переущільнення [1].

При невеликих робочих швидкостях (приблизно 8 км/год), наприклад при виконанні основної обробки ґрунту, тягову потужність обмежує пляма контакту шини з ґрунтом. Сам по собі ґрунт не може сприйняти велике окружне зусилля на колесі. Обертові колеса не передають повністю ту потужність, яку вони через трансмісію отримали від двигуна [2]. Основним завданням стає зниження коефіцієнта буксування за рахунок поліпшення зчеплення шин з ґрунтом.

Зі зниженням тиску в шині збільшується пляма контакту з ґрунтом, тож навантаження розподіляється по більшій площі. Внаслідок меншого тиску, шини в меншій мірі заглиблюються в ґрунт, тим самим, знижуючи опір коченню і витрачаючи менше потужності на ущільнення ґрунту. До того ж за рахунок збільшення опорної поверхні поліпшуються зчіпні властивості шини з ґрунтом, а значить, на неї можна передати більшу потужність. Правильно встановлений тиск в шинах має такий же вплив, як і установка баласту. Позитивного впливу баласту можна домогтися лише у взаємозв'язку з правильним тиском в шинах.

Баласт і тиск в шинах – це два основних і найбільш простих способи збільшення тягової потужності трактора. Якщо ж тяговий потенціал трактора обмежується потужністю двигуна, як, наприклад, при високих швидкостях, то його можна збільшити, знизивши тиск в шинах. Таким чином, можна знизити втрати потужності, що виникають в результаті опору коченню.

Література:

1. Ребров А.Ю., Кучков В.В. Анализ аналитических зависимостей для определения коэффициента буксования тракторных шин. Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- і тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. № 64. С. 22–25.
2. Кучков В. В. Аналіз різних типорозмірів шин з точки зору підвищення тягово-зчіпних властивостей трактора ХТЗ-17221. Вестник ХНТУСХ им. Петра Василенка. 2013. №135. С. 185–192.

СЕКЦІЯ 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОМУ, ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ANALYSIS OF HEAT TRANSFER INTENSITY IN EVAPORATORS WITH A PLATE HEAT EXCHANGER

Krugliakova O.V., Pavlova V.G.

National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov

The problems of energy efficiency for various purposes heat and power plants are of particular importance nowadays.

Energy-intensive heat and power plants include, among other facilities, evaporators, which are widely used in operation lines of chemical, food and pharmaceutical industries.

Intensification of heat exchange processes and reduction of energy consumption in the process of evaporation first of all are associated with the improvement of the structural elements of evaporators. To use an evaporator heating chamber of plate type is a way of improving the evaporator's efficiency. In general, plate heat exchangers have higher heat transfer coefficients and lower metal consumption compared to tubular heat exchangers.

One of the possible solutions for low and medium capacity plants is the application of evaporators with a wide-channel gasketed heat exchanger, the surface of which is made of different geometry plates. The special corrugation of the plates and the optimal distance between them provides a strong turbulization and, thus, intensifies heat transfer. Such evaporators provide high quality of the final product and can be successfully used for the evaporation of thermolabile and highly viscous liquids. Despite a number of advantages, applying this type of heating chambers is limited by the lack of knowledge and engineering methods for these chambers calculating.

As an object of study, a sugar syrup evaporator with a wide-channel plate exchanger and boiling inside the channels was considered.

Previously conducted experimental studies and analysis of the operation of evaporators with a plate heating surface suggested that the intensity of heat transfer is most influenced by the effective temperature difference, the thermodynamic evaporation constant, and the thermophysical properties of the solution.

The following ranges of variable parameters were used:

- 8–20 °C for effective temperature difference,
- 0,123–0,487 °C for thermodynamic evaporation constant,
- 2,700–15,000 W/m² for thermal load,
- 80–130 °C for heating steam temperature,
- 16–160 kg/h for solution flow rate,
- 70–110 °C for solution initial temperature.

To reduce the number of influencing parameters, a dimensional analysis method was used, as a result, the criterion equation for heat exchange processes in the channels was obtained. The processing of experimental results allows estimating the depth of parameters influence.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMBINED-CYCLE PLANTS

Lytvynenko O.O., Mykhailova I.O.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

The gas turbine installation of the GTE-45 (JSC "Turboatom") is designed for use in the combined-cycle plants of the discharged type CCP-280, with an exhaust-heat boiler CCP-100 and with the system of network heaters. The purpose of this use is to increase the plant's capacity as a whole, cover peak loads, obtain thermal power and utilize the heat of exhaust gases. Figures 1, 2, 3 show the schemes of utilization of exhaust gases in the system of network heaters, in the discharged type boiler and an exhaust-heat boiler. A comparison this schemes was made with the following parameters: electric and thermal capacities, exhaust gas temperatures, fuel consumption and efficiency. The analysis of numerical data the following conclusions:

1. GTE-45 has a high temperature of combustion products at the outlet of a gas turbine (475-478 °C), which should be useful to use.
2. The use of network heaters, a discharged type boiler, an exhaust-heat boiler allows utilizing the temperature of the exhaust gases to an acceptable level (from 115 to 152 °C).
3. Installations with network heaters and exhaust-heat boiler allow to produce thermal power for heating.
4. The installation of the discharged type of CCP-280 has the highest capacity, but it also has the largest fuel consumption, because extra fuel is fed into the boiler combustion mixed with exhaust gases from the gas turbine.
5. The largest efficiency of 46% is the installation of CCP-100 with an exhaust-heat boiler.

Thus, the most suitable installation for heating needs is installation with a system of network heaters. From the point of view of fuel consumption, efficiency and overall dimensions, the installation with an exhaust-heat boiler is the most suitable, where the fuel is supplied only in the combustion chamber, and the generation of steam in the an exhaust-heat boiler is carried out at the expense of the heat of exhaust gases GTE-45.

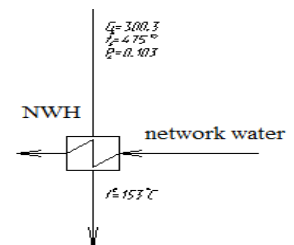


Fig. 1 Scheme with system of network heaters

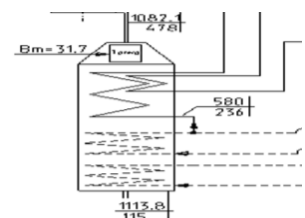


Fig. 2 Scheme with a discharged type boiler

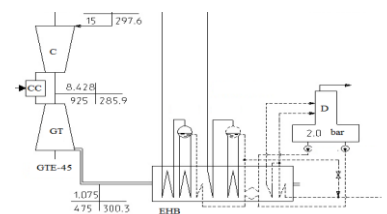


Fig. 3 Scheme with an exhaust-heat boiler

APPROXIMATE ESTIMATES FOR THE TEMPERATURE STATE OF THE CERAMIC NUCLEAR FUEL IN CYLINDRICAL FUEL ELEMENTS

Romashov Yu. V., Chibisov D.O.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

It is well-known that operability of ceramic nuclear fuel compact products is significantly depended by its temperature state during operating, because the ceramic has low thermal conductivity, which can lead to significant differences between the temperatures on the inner and outer surfaces in compact products. Due to this significant differences in temperatures on inner and outer surfaces the thermal stresses can be produced, which can lead to damaging the nuclear fuel compact products. The temperature state of the nuclear ceramic fuel is the difficult subject both for the theoretical, experimental researches as well as for measure on operating, and the all of existing approaches for estimating the temperature state of the ceramic nuclear fuel compact products on operating are approximate only. These circumstances make actual the theme of this research deals with approximate estimating the temperature fields in the ceramic nuclear fuel compact products.

It is proposed the mathematical model of the heat conduction for approximate estimating the temperature state of ceramic nuclear fuels in widely-used fuel elements with the pellets of cylindrical shape; in this mathematical model the radial heat flows only are considered. This mathematical model is presented in the form of the differential equation of the heat conduction, represented using the radial coordinate, and the necessary boundary conditions are corresponded to zero hear flow on the internal and the heat transfer on the external surface of the fuel pellet. The differential equation has the member, corresponding to the internal heat sources, for considering the heat from the nuclear fission reactions in the nuclear fuel. The intensity of volume heat sources in fuel element was taken into account by using the average values corresponding with the heat power and the structural characteristics of a nuclear reactor core. The heat conduction coefficient is defined considering the heat conductivity in the ring gaseous gape, in the cylindrical wall of the cladding, as well as considering with the heat transfer from the cladding to the moving heat carrier.

The obtained analytical representation of the temperature field in the ceramic nuclear fuel pellet for given internal heat sources intensities and the temperature of the heat carrier is defined by the sizes of the pellet, the heat conductivities of the fuel, the gas in the gap and the cladding, as well as by the heat transfer from the cladding to the moving heat carrier. It was shown that the heat conductivity of the fuel has significantly influences both the average temperature and the difference between the inner and outer temperatures in the fuel pellet. At the same time, other parameters have significant influence only on the average temperature of the fuel pellet. Due to these, it is necessary to consider the temperature dependence of the thermal conductivities of the materials constituted the fuel elements for more precisely estimations the temperature state of the fuel pellets, which will lead to nonlinear equations will required the numerical methods for their solving.

ESTIMATING THE FUNDAMENTAL FREQUENCIES OF THE THICK-WALL CLADDING OF CYLINDRICAL FUEL ELEMENTS OF NUCLEAR REACTORS

Romashov Yu. V., Mazurenko Yu. E.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

It is well-known that a core of nuclear reactors is under the significantly non-stationary external impacting factors produced from the moving high-pressured and high-temperature heat carrier. These factors can significantly limiting the durability of important for efficiency and safety core structures such as the fuel assemblies and the claddings of fuel elements inside theirs first of all. Damages in the cladding of fuel elements are occurred due to inertia forces generated by the non-stationary external impacting factors produced from the moving high-pressured and high-temperature heat carrier. To estimate these inertia forces it is necessary to know the fundamental frequencies of the cladding, corresponded to the different form of the vibrations. Thus, it is of current interests the theme of this research deals with estimating the fundamental frequencies, corresponding to the plane axial-symmetrical strain, of the cladding of nuclear fuel elements of nuclear reactors.

There are a lot of method for estimating the fundamental frequencies, but it is proposed to use the finite differences technique, because it is will be necessary to solve further the dynamic problem of the theory of elasticity by using the method of lines, which is considered as one of perspective approach now, although this method is well-known. Differential equation, representing the non-stationary stress-strain state of the thick-walled cylindrical cladding, is obtained from the general equations of the dynamic theory of elasticity, represented in the cylindrical coordinates, considering with the well-known assumptions of plane strain state. This approach leads to the partial differential equation with second order on radial coordinate and on the time. By using the well-known Fourier approach, this partial differential equation is reduced to the ordinal differential equation of second order on radial coordinate for the function of forms. To find the fundamental frequencies of the cladding the obtained differential equation for the function of forms is considered with the boundary conditions corresponded to the surfaces of cladding free from the loadings. Using the well-known finite differences technique, the discretization of the differential equation considering the boundary conditions for the function of forms is obtained in the matrix form relatively the nodal values of the function of forms. As the conditions of existing the non-zero solution for the function of forms the characteristic equation for finding the fundamental frequencies are obtained. This characteristic equation with large matrix size, corresponding to the necessary large number of grid nodes, can be solved numerically only. In further, on the basis of the proposed approach using the finite differences the numerical computer simulations of the fundamental frequencies of the cladding of fuel elements will be accomplished for the nuclear reactor VVER-1000 and VVER-440 type, widely used in Ukrainian power industry.

APPROACHES FOR ESTIMATING THE DURABILITY INDEXES OF THE CYLINDRICAL CLADDING OF NUCLEAR FUEL ELEMENTS TAKING INTO ACCOUNT UNCERTAINTY OF THE WORKING TEMPERATURE

Romashov Yu. V., Povolotskii E. V.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

As well-known, the nuclear reactors core is consisted of the large numbers of fuel assemblies, containing a large number of fuel elements, such that the core contains about 50000 fuel elements. Due to the inhomogeneous and non-stationary neutron field and other difficult for considering factors it is impossible to predict absolutely exactly the operating conditions for each of about 50000 fuel elements. Due to this circumstances, it is impossible to predict exactly durability of a cladding of fuel elements in nuclear reactors, but it is necessary to predict this durability with the given probability such that are available the failures of the cladding of not more than three fuel elements from about 50000 of a general number. The approaches for estimating the durability of the cladding of fuel elements considering with probability of the failure are not fully developed now, although durability of the cladding of fuel elements significantly limits the efficiency and safety of nuclear power reactors. Due to these circumstances, the theme of this research, which deals with the approaches for estimating the durability indexes of the cladding of cylindrical fuel elements, is of current interests at present.

The high-temperature creep of zirconium-based alloys widely used to make the claddings of fuel elements for nuclear reactors significantly limits durability of the cladding. It is well-known, that the creep is significantly depended on the temperature, which is closed to limits of abilities the zirconium-based alloys for modern nuclear reactors. At the same time, it is impossible to predict exactly the temperature of claddings for all fuel elements in the nuclear reactor core, and the temperature of the cladding is defined with some uncertainty. Due to uncertainties of the temperature it is impossible to predict exactly the durability indexes of the cladding of fuel elements considering with the high-temperature creep.

It is proposed the approaches for estimating the durability indexes of the cladding of cylindrical fuel elements of nuclear reactor considering with the high-temperature creep and uncertainties of the working temperature of the cladding. The general scheme of these approaches is to find the temperature dependences of the durability indexes and to take into account the uncertainties of the temperature by considering the temperature as the random value, which has the especially defined expected value and dispersion. These temperature dependences can be find by solving numerically the problem of the theory of creep for the cladding for each of some numbers of the necessary given temperature values. The probability density distribution for the temperature value can be estimated from the heat conduction and heat transfer analyses or from the experience of operating for the given type of nuclear reactor. Estimating of durability indexes can be finding by using well-known theorem about the probability density of a function of one random argument.

ENERGY AND ENVIRONMENTAL ENVIRONMENT

Tyutyunik L., Yefimov A., Ivanova L., Kasilov V.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

Power engineering is the main driving factor for the development of all branches of industry, communal and agricultural, and serves as a base for increasing productivity and welfare of the population. It has the highest rates of development and scale of production. That is why the pace of scientific and technological progress and the improvement of working conditions are largely determined by the state of energy, and in all countries of the world it is given a great deal of attention. At the present stage of energy development, the problem of its interaction with the environment is very important. Ecological conditions of functioning of energy are connected with the unique scale of material and thermal interaction with the biosphere (atmosphere, hydrosphere, lithosphere). This is due to the fact that, consuming a huge amount of primary resources in the form of solid, liquid and gaseous fuels, thermal energy together with the production of electric energy and heat releases a large amount of waste in the form of gaseous and solid combustion products into the environment. According to the existing thermodynamic cycles of the TES, more than 60% of the potential energy of the fuel enters the environment: the physical heat that is lost with the waste gases, the heat of the heated water. In addition, electricity and heat generated at the TES and AES are also entering the environment in the process of their transmission and consumption. It should also be noted that in connection with the development of nuclear energy there was a change in the interaction of energy with the environment in the direction of reducing pollution of the environment by combustion products and ash-slag waste, but at the same time there were emissions of nuclear power plants, no less dangerous for the impact on the biosphere, than emissions TES. Since organic fuel is still the main source of electricity and heat production, significant costs of means and forces for the development and implementation of economically acceptable environmental protection methods are required to prevent the increase of harmful emissions. An important aspect of the interaction between energy and the environment is the ever-increasing reciprocal impact - the environment dictates the conditions for the adoption of technical solutions in the design of energy companies: the choice of type and unit capacity of energy equipment, the choice of the location of the TES, HES, AES, etc. It should be noted that the problem of environmental protection from harmful emissions of energy and other industries on its scale is both national and global, since emissions are unplanned. Therefore, special bodies have been established at the UN, MIREK and other international organizations to study, discuss, analyze environmental problems and conclude international treaties. Thus, at the present stage of the development of energy, the problem of its interaction with the environment is very acute, multilateral and requires special attention. This problem is especially acute in the energy sector of Ukraine, considering the current state and prospects, its development.

**METHODS THAT ALLOW SIMULTANEOUSLY TO REDUCE
EMISSIONS OF NITROGEN AND SULFUR DIOXIDE**

Tyutyunik L., Yefimov A., Ivanova L., Kasilov V.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

Scientific and technical materials on this topic indicate that there are a number of technological processes that make it possible to reduce the concentration both in products of combustion of fuel. This topic is devoted to the monograph "Improvement and optimization of models, processes, constructions and operating modes of power equipment of AES, TES and heating boiler houses", edited by prof. A. Yefimov. Typically, the following sulfur purification processes are offered: using as a catalyst and with additional introduction in flue gases. The efficiency of such technologies is quite high; they allow to provide 90-95% of flue gas cleaning and 75-80% of cleaning from. At the same time, they give the opportunity to receive commercial products in the form of 80% sulfuric acid and 50% nitric acid. It is necessary to pay attention to the promising electron beam technology for the treatment of flue gases from TES from and from ash developed by the "Energostal" (Kharkov) for the purpose of implementation at the Slavyanskaya HES, which allows to reduce emissions of nitrogen oxides and oxides by 85-95% sulfur and get marketable products in the form of ammonium fertilizers. An interesting technology for the simultaneous cleaning of flue gases is the ozone-ammonia method. The process involves the oxidation of nitrogen oxide in the gas phase with ozone to dioxide, after which the flue gas is irrigated with a solution of limestone or ammonia in the reactor. The method allows a degree of purification of 90% and 75%. Techno-economic comparison of various technologies of sulfur purification of flue gases allows us to conclude that the advantage of bonding should be given to wet limestone technology, but this technology also has the highest specific capital expenditures. The cost of removing from flue gases is the highest when using wet-dry technology (for combustion of fuel with sulfur content from 0.5% to 2%).

**MAIN POSTULATES CONCERNING THE OPTIMIZATION OF
PARAMETERS OF EQUIPMENT FOR NPP POWER UNITS BY
MATHEMATICAL MODELING METHODS**

Yefimov O.V., Harkusha T.A., Yesypenko T.O.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

Modern NPP power units are complex technical systems. They include a multitude of interconnected equipment of various technological purposes. Such systems are characterized by many parameters, complex structural and functional relationships of parameters, the presence of limitations for the change of parameters and relationships.

Optimization of parameters and characteristics of the equipment of NPP power units is a complex iterative process.

At the first stage of optimization analytical methods of optimization are some effective, because the value of information about the object of optimization is minimal and the initial dates have a significant error.

At the next stages the value of information about the optimization object is significantly increased. New thermodynamic, constructive, regime factors and necessary technical limitations are account. At the some time the interconnection between the parameters becomes more complex and an analytical solution is possible only with a significant simplification (idealization) of real dependencies.

At the stages of the final optimization researches the most effective method of optimization is the method of simulation modeling.

For effective optimization of parameters of NPP power units the system of interconnected mathematical models is necessary.

For optimization of parameters of NPP power units using a system of mathematical models of the main equipment: the reactor, the steam generator, the turbine unit. The main equipment is advisable divided into characteristic nodes and systems.

The very important task of optimizations is limitations: at a constant electric power of the NPP power unit or at a constant thermal power of the reactor power of the NPP unit. Scientific researches have shown that optimization of parameters of nuclear power units at a constant thermal power of the reactor is advisable.

The depth of detail of the mathematical modeling of all equipment must be based on the principle of equal accuracy: each model must be based on parameters that have the some order of influence on the objective function.

Accounting for the above postulates increases the efficiency of applying mathematical modeling to solve problems of optimizing the parameters of NPP power units.

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ПІДГРІВНОЇ УСТАНОВКИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ МІКРОРАЙОНУ

Алексахін О.О., Бобловський О.В., Гордієнко О.П.

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна,

Харківський національний університет міського господарства,

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

Для приєднання теплообмінників гарячого водопостачання до мереж централізованого теплопостачання використовують одноступінчасті та двоступінчасті схеми. Вибір схеми здійснюють залежно від співвідношення максимальних витрат теплоти на гаряче водопостачання і опалення ($\rho = Q_{h,max}/Q_{o,max}$). Тепловий розрахунок підігрівників виконують за величиною максимальних витрат теплоти на гаряче водопостачання $Q_{h,max}$ при температурах мережної води у точці зламу температурного графіка теплових мереж.

У роботі наведено результати обчислень параметрів теплообмінних апаратів установки гарячого водопостачання житлового мікрорайону у м. Харкові. За проектними даними теплових навантажень мікрорайону обчислено площу теплопередачі пластинчастих теплообмінників установки та витрати мережної води для потреб гарячого водопостачання. Проаналізовано зміну витрат мережної води через підігрівники при зменшенні розрахункового опалювального навантаження внаслідок можливого утеплення будівель мікрорайону. При обчисленнях прийнято, що зменшення втрат теплоти через огорожувальні конструкції будівель при утепленні становить 10-35%. Підвищення опору теплопередачі конструктивних елементів будівель мікрорайону обумовлює зміну вихідного (проектного) співвідношення теплових навантажень $Q_{h,max}/Q_{o,max}$, прийнятого при проектуванні установки гарячого водопостачання, та вихід режимних параметрів установки за межі оптимального діапазону. В умовах зв'язаної подачі тепла, яка реалізується при двоступінчастих схемах приєднання теплообмінних апаратів установки гарячого водопостачання, це веде до зменшення економії витрат мережної води, яку можна було б досягти завдяки утепленню будівель.

Перехід на іншу схему приєднання установки теплообмінників гарячого водопостачання є доцільним після завершення процесу утеплення мікрорайону в цілому. Тривалість цього перехідного періоду і зміну впродовж нього витрат мережної води необхідно враховувати при визначенні показників ефективності заходів з енергозбереження.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАМІНУ
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

На сьогоднішній день пічне опалення майже не використовується як самостійне джерело обігріву сучасних будівель. Насамперед це пов'язано з низьким коефіцієнтом корисної дії та підвищеною пожежонебезпекою. Однак, незважаючи на це, каміни навпаки набирають популярність у якості декору індивідуальних житлових будинків. І хоча сьогодні камін носить в основному естетичний характер, все ж залишається одним із способів обігріву приміщення. Тому, якщо підвищити ККД, можна досить ефективно використовувати його для опалення житла.

В роботі представлена модель енергоефективного каміну для двоповерхового індивідуального будинку. Підвищена ефективність роботи досягається за рахунок використання камери згорання закритого типу, високої тепловіддачі димовивідних каналів та влаштування в камері згорання теплообмінника для системи водяного опалення. Технологія системи опалення тісно пов'язана з архітектурно-планувальними і конструктивними характеристиками будівлі.

Традиційний камін має відкриту камеру згорання, що підвищує його пожежонебезпечність та знижує ККД роботи через високу витрату повітря для горіння. В проекті запропоновано відкрите вогнище замінити закритим топливником заводського виготовлення з регульованою подачею повітря в камеру згорання. За рахунок оптимального режиму горіння в топці досягається висока температура – до 600-800°C. Паливо згоряє практично повністю. Ефективність використання тепла, що виробляється у таких камінах, досягає 50-75% від теоретично можливого.

Також важливою складовою є конструктивне рішення димових каналів. На першому поверсі камін вбудовано в стіни з керамічного цегляного масиву, що дозволяє акумулювати велику кількість теплоти і таким чином підвищити його інерційну здатність. На другому поверсі димовивідні канали виконано з металевих труб, що на відміну від кам'яних стін, мають високу теплопровідність та забезпечують найбільш повне охолодження відхідних димових газів. Ще одним з факторів підвищення ККД є конструктивне вирішення системи опалення в цілому. В камеру згорання каміну вбудовано теплообмінник до основної системи водяного опалення, що дозволяє значно зменшити температуру димових газів.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ПРИ ШТУЧНІЙ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ

Алексахін О.О., Панчук О.В., Біловол Г.А., Пархоменко Л.О., Єна С.В.

*Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна,
Український державний університет залізничного транспорту,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків*

Одним із напрямків розв'язання задачі підвищення відведення теплоти в елементах теплоенергетичного обладнання й системах охолодження транспортних засобів є штучна інтенсифікація процесів теплообміну, яка дозволяє при фіксованій площі поверхні теплообміну зменшити необхідну швидкість руху охолоджуючого повітря у каналах, а отже, й зменшити потужність вентиляторів, що витрачається на прокачування повітря.

Підвищення коефіцієнтів тепловіддачі можна здійснити за допомогою різних пристроїв: пристінних турбулізаторів, що створюють штучну шорсткість поверхонь, і засобів для створення підвищених рівнів турбулентності зовнішнього потоку. У роботі проаналізовано доцільність використання стрічкових завихрювачів для інтенсифікації процесів теплопереносу у каналах системи охолодження тягових електродвигунів силових установок тепловозів. Встановлення вказаних пристроїв забезпечує збільшення коефіцієнтів теплообміну у 1,5-2 рази. Незважаючи на зростання втрат тиску у каналах, застосування стрічкових завихрювачів дозволяє зменшити потужність вентиляторів системи охолодження орієнтовно на 12%.

На підставі аналізу експериментальних даних різних авторів для закручених потоків отримано формулу для обчислення значень критерію Рейнольдса закрученого потоку у прямокутному каналі, необхідне для реалізації ощадних умов тепловідведення, яка має вигляд:

$$Re_1 < \frac{Re_0^{2.75 \cdot k_1} \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{3 \cdot k_1}}{A_2^{k_1}},$$

де $A_2 = \left(1 + \frac{h}{s}\right)^{9.4}$; $k_1 = \frac{1}{3 - n_2}$; h – ширина завихрювача; s – крок закручування завихрювача; Re_0 – критерій Рейнольдса для каналу без завихрювачів; ρ , ρ_0 – питома вага повітря; ν , ν_0 – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря (індекс «0» характеризує параметри повітря у каналі системи охолодження без завихрювачів).

ВЫРАЖЕНИЯ СРЕДНЕЙ УДЕЛЬНОЙ ИЗОБАРНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ КОМПОНЕНТ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ КАК ФУНКЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ТЕРМИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Амброжевич М. В., Шевченко М. А.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского

«Харьковский авиационный институт», г. Харьков

В термогазодинамических расчетах тепловых машин традиционно используется средняя теплоемкость c_{pm} , являющаяся среднеинтегральным значением истинной теплоёмкости c_p на заданном интервале температур $T_1...T_2$.

В справочной литературе значения c_{pm} приводятся только для давления газа $p \ll p_{cr}$, при фиксированной нижней температуре $T_1 = 0$ °С [1]. В этом случае c_{pm} зависит только от верхней температуры интегрирования T_2 . При этом эффект термической диссоциации (ЭТД) не учитывается. Для расчета ЭТД используется решение системы уравнений химической кинетики с привлечением констант равновесия реакций [2, 3], что не всегда удобно на практике.

Также c_{pm} возможно получить путем численного интегрирования электронных таблиц, но это требует разработки или использования дополнительных программных продуктов. Непосредственно внедрение подготовленных таблиц в тело программы занимает неоправданные затраты времени. Всегда удобнее использовать аналитические зависимости, однако авторам не известны выражения, позволяющие рассчитывать $c_{pm}(p, T)$ продуктов сгорания углеводородных топлив, учитывающие ЭТД.

Авторами работы были получены $c_{pm}(p, T)$ основных компонент воздуха и продуктов сгорания в указанном диапазоне давлений и температур (азот: $p = 0,1...200$ бар, $T = 150...2870$ К; кислород: $p = 1...200$ бар, $T = 210...2870$ К; аргон: $p = 1...200$ бар, $T = 190...1300$ К; пары воды: $p = 0,1...200$ бар, $T = 700...2600$ К; углекислый газ: $p = 1...200$ бар, $T = 390...2600$ К) на основе выведенных ранее аналитических выражений $c_p(p, T)$ с учетом ЭТД [4].

Литература:

1. Термодинамические свойства газов / М. П. Вукалович, В. А. Кириллин, С. А. Ремизов, В. С. Силецкий, В. Н. Тимофеев. – Л. : Машгиз, 1953. – 376 с.
2. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: Справочник в 10 томах / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин [и др.]; под ред. В. П. Глушко. – М. : АН СССР, 1971. – Т. 1. – 267 с.
3. Болдырев О. И. Влияние термической диссоциации продуктов сгорания углеводородного топлива на параметры рабочего процесса перспективных газотурбинных двигателей / О. И. Болдырев, И. М. Горюнов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1.
4. Амброжевич М. В. Аналитическое определение удельной изобарной теплоёмкости продуктов сгорания с учетом влияния давления и эффекта термической диссоциации / М. В. Амброжевич, М. А. Шевченко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2019. – № 1/153. – С. 4-17.

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА MEM3-301

Білик С.Ю., Ропай Д.Ю.

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

Відомо, що високих техніко-економічних показників роботи двигунів досягають шляхом покращення газообміну, а саме наповнення циліндрів свіжим зарядом та їх очищення від продуктів згоряння. У сучасних чотиритактних двигунах всіх типів застосовують механізм з клапанним газорозподілом. В цьому випадку пропускна здатність клапана визначається в значній мірі газодинамічними якостями як профілю впускного каналу і клапана, так і ділянкою змінної площі прохідного перерізу, та кінематикою газорозподільного механізму в цілому.

В конструкції автомобільного двигуна MEM3-301 застосовується двоклапанна схема, при використанні якої розміри прохідних перерізів впускного і випускного клапанів обмежені можливістю їх розміщення в камері згоряння, розмірами каналів в головці циліндрів і між клапанної перемички.

Аналіз шляхів вдосконалення конструкції газорозподільного механізму показав, що кращого наповнення циліндрів та їхнього очищення досягають застосуванням більшої, ніж два, кількості клапанів на один циліндр.

В ході роботи виконано дослідження вдосконаленої конструкції газорозподільного механізму, а саме: обрані напрямки досліджень з підвищення техніко-економічних показників, поліпшення екологічних показників, за рахунок кращого наповнення циліндрів, їхнього очищення, та покращення процесу згоряння за рахунок найкращої компоновки камери згоряння.

Розрахункові дослідження показали значну перевагу над серійної головки циліндрів даного двигуна, та ефективність оснащення даного двигуна чьотириклапаною головкою циліндрів по техніко-економічним та екологічним показникам.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КОМПРЕССОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНО- И ДВУМЕРНЫХ ПОДХОДОВ

Бойко Л.Г., Даценко В.А.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Современный газотурбинный двигатель (ГТД) представляет собой объект, состоящий из многих взаимосвязанных элементов, в каждом из которых протекают сложные физические процессы. Одним из ключевых узлов ГТД является компрессор. Для его детального исследования в настоящее время широкое применение находят методы математического моделирования, позволяющие существенно расширить объем информации о протекающих в нем процессах.

Математические модели компрессора условно делятся по разным уровням сложности в зависимости от детализации происходящих в нем процессов. Модель 0-го уровня представляет собой «черный ящик», т.е. характеристика задаются извне в виде таблиц или зависимостей. Математическая модель компрессора 1-го уровня опирается на расчет параметров по среднemasсовым показателям. Примененный подход дает возможность учитывать влияние изменения геометрических параметров проточной части и лопаточных венцов на среднем радиусе, а также отбор рабочего тела или перепуска. Еще большими возможностями обладают математические модели 2-го уровня, которые используют описание параметров течения в двумерной осесимметричной постановке на основании заданной геометрии лопаточных венцов по всей высоте проточной части. Такие модели позволяют учесть влияние входной неравномерности потока на параметры и характеристику компрессора в целом.

В работе представлено сопоставление результатов расчетов характеристики многоступенчатого компрессора в одно- и двумерной постановке между собой и с опытными данными. Получено удовлетворительное согласование. Для проведения расчетных исследований использованы математические модели многоступенчатого осевого компрессора, базирующиеся на расчете термогазодинамических параметров по среднemasсовым параметрам потока и методе расчёта осесимметричного течения, разработанные на кафедре теории авиационных двигателей ХАИ [1, 2].

Литература:

1. Бойко Л.Г. Метод расчета термогазодинамических параметров турбовального газотурбинного двигателя на основе повенцового описания лопаточных машин. Ч.2 Определение параметров ступеней и многоступенчатых компрессоров / Бойко Л.Г., Демин А.Е., Пижанкова Н.В. // Авиационно-космическая техника и технология. – 2019 - №1/153 – С.18 – 28.
2. Boyko, L. Numerical Study of Flows in Axial Compressors of Aircraft Gas- Turbine Engines / L. Boyko, A. Dyomin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 4(94). – P. 40-49.

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ СПАЛЮВАННЯ НИЗЬКОСОРТНИХ ПАЛИВ

Борисенко О.М., Коробко Д.О.

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

На підприємствах різних галузей промисловості України як джерело теплової енергії використовують, як правило, газомазутні котли. Проте в даний час в Україні мазут і природний газ є гостродефіцитними, дорогими паливами, основна доля яких імпортується. Тому актуальною проблемою промислової енергетики є заміна природного газу і мазуту на викопні палива і біопаливо.

Використання лузги як палива дозволяє зберігати значну кількість гостродефіцитного природного газу і мазуту. При цьому одночасно вирішуються екологічні завдання – утилізація відходів і зниження впливу шкідливих викидів на навколишнє середовище.

Особливості характеристик лузги – висока парусність часток і зміст лужних металів вимагає розробки спеціальних конструкцій топкових пристроїв для утримання часток при спалюванні і зниження занесення поверхонь нагріву і сублімації лужних з'єднань.

Існують наступні промислово основні технології спалювання лузги:

- шарові спалювання (у нерухомому, киплячому і циркулюючому шарі);
- камерне спалювання (факельне, вихрове, циклонне);
- спалювання генераторного газу, який отримують при газифікації лузги в спеціальних установках.

До технологій нового покоління відноситься спалювання в конусній топці, що обертається.

Утримання часток лузги досягається при організації низькотемпературного вихрового (НТВ) спалювання.

Експериментальні дослідження показали, що найбільш ефективним заходом для утримання дрібних парусних часток в потоці до їх вигорання є організація вихрового спалювання, а для зниження сублімації – низькотемпературне спалювання.

ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З УСТАНОВКАМИ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЬОВОГО ТИПУ

Веселова Н.В., Безручко В.А.

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

Україна має обмежені ресурси газу та нафти і залежить від постачань цих органічних енергетичних носіїв із зовнішніх джерел. За даними Української вітроенергетичної асоціації (УВЕА), загальна встановлена потужність вітроенергетики на кінець 2018 року становила 450 МВт. Сумарна площа, на якій доцільно отримання електричної енергії від вітроустановок, складає близько 20 % території нашої країни. Запуск великих промислово-комерційних вітроелектростанцій (ВЕС) розпочався з 2011 року. У ВЕС здебільшого використовуються вітроустановки з горизонтальною віссю обертання, найчастіше з трьома лопатями, та устаткуванням, встановленим усередині гондоли. Більшість вітроустановок мають механізми зміни кута нахилу лопатей, механізм орієнтації вітроагрегата, передавальні механізми, тощо. Горизонтально-осьові вітроустановки мають значні переваги: високу швидкохідність; можливість конструювання вітроустановок великого розміру та, відповідно, потужності з діаметром лопатей більше 100 м; високий коефіцієнт використання енергії вітру; раціональне використання площ при створенні електростанцій, інше. У травні 2017 року на заводі «Фурлендер Віндтехнолоджі» (м. Краматорськ) було завершено виробництво першої ВЕУ потужністю 3,2 МВт. Це найпотужніша модель з коли-небудь вироблених в Україні та Східній Європі. Вітчизняна вітроенергетика буде стабільно збільшувати вироблювані потужності вітропарків на рівні 200 МВт на рік. Зараз планується зведення ВЕС у Запорізькій, Херсонській, Миколаївській, Одеській, Львівській та Івано-Франківській областях. На теперішній час споруджено вітроелектростанції потужністю 100 МВт кожна Приморські ВЕС-1 та ВЕС-2 в Запорізькій області. У Херсонській області будують Овер'янівську ВЕС, потужністю 69 МВт, яку забезпечать 20 горизонтально-осьових ВЕУ. Варто відзначити будівництво ВЕС «Овід вінд» в Одеській області, проектна потужність цієї станції становить 32,4 МВт. Проведення розрахунків конструкційних рішень горизонтально-осьових вітрогенераторів та інформація щодо потужностей вітру на території України доводять, що встановлення вітроенергетичних установок горизонтально-осьового типу та спорудження нових наземних, та в майбутньому, офшорних (на прибережній території) ВЕС приведе до енергетичної незалежності України.

Література:

1. Яхно О.Н., Тауріт Т.Г., Грабар І.Г. «Вітроенергетика: конструювання та розрахунок ВЕУ». – Житомир: ЖГТУ, 2002. – 255 с.
2. Денисенко О.Г., Козловський Г.А., Федосеєнко Л.П., Осадчий А.І. «Перетворення і використання вітрової енергії». - К.: Техніка, 1992. – 174 с.
3. Українська вітроенергетична асоціація [Електронний ресурс] <http://uwea.com.ua/ua/>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА С ПРОСЕЧНЫМ СПИРАЛЬНЫМ ОРЕБРЕНИЕМ

Галушчак И.В.

*Национальный технический университет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В современных условиях повышение экономической и экологической эффективности тепловых электростанций (ТЭС) является весьма актуальным. Значительное улучшение этих характеристик возможно путём широкого применения парогазовых установок (ПГУ) газопаротурбинного типа (ГПТУ) [1]. Задачей данного исследования - расчет тепло-аэродинамической эффективности четырех типов поверхностей нагрева котла-утилизатора. Рассмотрены варианты выполнения поверхностей нагрева: шахматные пучки со сплошным спиральным оребрением, шахматные пучки с просеченным спиральным оребрением, коридорные пучки с просеченным оребрением и шахматные гладкотрубные пучки. Пучки труб с просеченным спиральным оребрением рассчитаны по методике, изложенной в статье [2], гладкотрубные – по нормативным методам теплового и аэродинамического расчетов котельных агрегатов. Приведенные в [2]. Принятые в расчете критерия Кирпичева значения аэродинамического сопротивления рассчитаны с учетом эксплуатационной поправки $k_c=1,1$ в соответствии с нормативными документами. Основные результаты расчетов для трех функциональных элементов котла – пароперегревателя высокого давления (ППВД), испарителя высокого давления (ИВД) и пароперегревателя низкого давления (ППНД) – и корпуса в целом представлены в [2]. Из них следует, что коридорные пучки труб с просеченным оребрением имеют наиболее высокую тепло-аэродинамическую эффективность. Результаты расчетного исследования также показали, что тепло-аэродинамическая эффективность поверхностей нагрева тем выше, чем интенсивнее теплоотдача внутри труб и чем больше количество поперечных рядов труб Z_2 в пучке. Выполнено расчетное исследование тепло-аэродинамической эффективности коридорных и шахматных пучков труб с просеченным спиральным оребрением с использованием результатов экспериментального исследования. Оценена теплоаэродинамическая эффективность поверхностей нагрева с просеченным спиральным оребрением одного корпуса котла-утилизатора энергоблока ПГУ-345. Установлено, что критерий Кирпичева для коридорной компоновки пучков труб составляет 312,0, для шахматной 222,8. Установлено преимущество коридорных пучков труб с просеченным оребрением по этому параметру.

Література:

1. Парогазовые установки – путь к повышению экономической эффективности и экологической чистоты теплоэнергетики [Текст] / редакционная статья // Теплоэнергетика. – 1990. – №3. – С. 2–8.
2. Galushchak I. V., Gorbatenko S. V. (2017). Investigation of Thermo-Aerodynamic Characteristics of Banks of Tubes with Punched Spiral Tape Finning. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4/8 (88), 40-47

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ УРАХУВАННЯ ВЗАЄМОВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАДНАННЯ І ВАРІАНТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ

**Ганжа А.М.; Корнелюк В.М.; Семененко Л.В., Скубко А.В.,
Малиновська А.І.**

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

У даний час суттєвою є проблема подорожчання основних енергоносіїв – природного газу, електроенергії та ін. Це призводить, у тому числі, до суттєвого зростання тарифів. Одним із шляхів зменшення споживання енергоносіїв є реконструкція теплоенергетичних систем з метою підвищення їх енергоефективності. Як правило, варіанти реконструкції включають одну-дві проблеми і не враховують наслідки для ефективності всього теплоенергетичного об'єкта. Виникає потреба в розробці комплексу методик і засобів, які визначають ефект від варіантів реконструкції та взаємний вплив технічних та експлуатаційних характеристик обладнання у системі. Це дозволяє розробити найбільш раціональну послідовність дій при реконструкції та зменшити витрати енергоресурсів і коштів та поліпшити соціально-економічний стан споживачів теплоти.

Для розв'язання поставленої проблеми проводиться

- аналіз технічних характеристик об'єктів розрахунково-експериментальним методом на основі математичного моделювання з комбінацією аналітичних та чисельних методів;
- математичне моделювання на основі розв'язання балансових, диференціальних та інтегральних рівнянь теплофізики та гідравліки;
- теплогідравлічний розрахунок розгалуженої системи виробництва, транспортування та споживання теплоти із застосуванням методів теорії графів, системного аналізу.

Забезпечують розрахунки та аналіз створені відповідні методи та засоби:

- удосконалені методики аналізу ефективності теплообмінного обладнання;
- методики визначення реальних теплових втрат через поверхні обладнання (котли, трубопроводи, будівлі та. ін.) з використанням даних їх термографічної зйомки та обстеження;
- удосконалені методики гідравлічного розрахунку складної теплоенергетичної системи;
- удосконалена методика техніко-економічного оптимізаційного розрахунку, що враховує взаємний вплив технічних характеристик обладнання.

При дослідженні використовувались прилади та установки для вимірювання теплотехнічних параметрів (пірометр, анемометр, термометр, тепловізор та дані лічильників на об'єктах).

Створений комплекс методів та засобів дозволяє визначити ефективність варіантів модернізації та реконструкції об'єктів теплоенергетики з урахуванням характеристик обладнання та елементів системи.

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ

Ганжа А.М., Скубко А.В.

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

Не існує стандартних рішень проблем опалення для приватних будинків або квартир в Україні. Для прийняття оптимального рішення, який тип опалення найбільш раціональний, потрібно проаналізувати існуючі можливості та технології. Важливу роль у формуванні принципової схеми опалення грає наявність енергоресурсів та вільне місце для устаткування. При комплексному підході до проектування системи опалення, маємо можливість розрахувати первинні витрати на встановлення обладнання та подальші експлуатаційні витрати. Застосовуючи інноваційне обладнання, маємо змогу використовувати джерела відновлюваної енергії, що призведе до зниження експлуатаційних витрат та компенсацію первинних витрат на устаткування за короткий термін.

Таким чином, доцільно використання низькотемпературної системи опалення в поєднанні з тепловим насосом або конденсаційним котлом. Тепловий насос 75 % енергії витягує з навколишнього середовища, та лише 25% додає у вигляді електричної енергії. Використання теплового насосу дозволяє вирішувати декілька питань одним приладом – це гаряче водопостачання, опалення та охолодження в літній період. Усі сучасні топкові виконуються з резервними джерелами тепла, тому теплові насоси працюють у бівалентному режимі. В бівалентних системах теплопостачання, коли всі системи сумісні одна з одною, з'являється можливість вибору оптимального джерела тепла. Автоматика, в котрій закладена логіка управління процесами опалення, за попередніми налаштуваннями автоматично перемикається на те джерело тепла, яке більш дешевше та ефективніше в даний час. Використання погодозалежної автоматики дозволяє суттєво зменшити затрати на опалення, так як працює на опередження по зовнішній температурі.

Кожен будинок потребує вентиляції. При цьому 98% тепла не утилізується. Для енергозбереження використовуються рекуператори, котрі дозволяють видалити відпрацьоване повітря, зберегти тепло та очистити повітря від пилу. У літній період режим рекуперації тепла відключається, щоб охолодити приміщення у нічний час без додаткових енергозатрат.

Ще одне джерело енергії – це сонце. За підрахунками сонце – це 960 млрд. кВт енергії за кожні 24 години. Використання сонячних колекторів знижує затрати на гаряче водопостачання до 70 %. Термін окупності сонячних систем до 5 років. Щодо надійності, сучасні сонячні системи повністю автоматизовані. Це дозволяє уникнути стагнації теплоносія в сонячному колекторі та утворення легіонел у водогінній ємності.

Таким чином, комплексний підхід до вирішення проблем опалення приватних будинків мінімізує подальші експлуатаційні витрати, автоматизує всі процеси та гарантує стабільну роботу.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВПРЫСКА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ВЕРТОЛЁТНОГО ГТД

Дегтярёв О.Д.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Известно, что при эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) на высотных аэродромах существует ряд эксплуатационных ограничений. Одной из таких проблем является нестабильность или невозможность, запуска двигателя при высоких температурах окружающей среды. Связано это в первую очередь с тем, что вспомогательная силовая установка (ВСУ), которая является турбовальным газотурбинным двигателем, производит не достаточно мощности для раскрутки ротора маршевого газотурбинного двигателя (ГТД). Так же это объясняется недостатком массы воздуха и как следствие недостаток кислорода для сжигания топлива. Из-за чего невозможно получить необходимую температуру в камере сгорания двигателя для реализации выхода на режим малого газа.

Для решения данной задачи необходимо сместить рабочую точку земного малого газа в сторону уменьшения потребной мощности маршевого ГТД или увеличить температуру за камерой сгорания при пуске вертолётного ГТД или обеспечить большую мощность ВСУ путем кратковременного форсирования.

Обеспечить большую мощность ВСУ можно реализацией впрыска пара или воды в камеру сгорания. Еще один способ – это впрыск перекиси водорода H_2O_2 в камеру сгорания, что обеспечит образование паровоздушной горячей смеси с температурой 450-500 °С и даст дополнительную подпитку кислородом процесса горения в основной камере сгорания ГТД. Это же позволит увеличить массу рабочего тела, подогреваемую в камере сгорания и проходящему через турбину, по сравнению с массой воздуха прошедшей через компрессор. Для ВСУ подпитку можно обеспечить в условиях аэродрома, правда необходима незначительная переделка камеры сгорания ВСУ, обеспечив её форсунками для распыления воды, пара или продуктов разложения перекиси водорода (или самой перекиси).

Для определения эффективности использования воды, как средства для форсирования ВСУ, на кафедре Теории авиационных двигателей «ХАИ» была создана математическая модель двигателя с учетом впрыска воды, пара и при определенной коррекции перекиси водорода в камеру сгорания. Результаты расчета типичной ВСУ с впрыском H_2O_2 представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета типичной ВСУ с впрыском H_2O_2

Мощность, кВт при $H=0$ км, $T_B=15^\circ\text{C}$	Мощность, кВт при $H=5$ км, $T_B=55^\circ\text{C}$	Мощность при $H=5$ км, $T_B=55^\circ\text{C}$ впрыск H_2O_2 0,04 кг/с	Мощность при $H=5$ км, $T_B=55^\circ\text{C}$ впрыск H_2O_2 0,08 кг/с
64,37	22,62	48,54	63,97

Таким образом, впрыск H_2O_2 в камеру сгорания на больших высотах может обеспечить необходимую мощность для нормальной работы ГТД в условиях большой высотности и высоких температур окружающей среды.

ВИБІР ОБМЕЖЕНЬ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ УСТАТКУВАННЯ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Єфімов О.В., Гаркуша Т.А., Єсипенко Т.О.

*Науково-начальний інститут енергетики, електроніки та
електромеханіки НТУ «ХПІ», м. Харків*

При оптимізації параметрів енергоблоків АЕС дуже важливо вибрати один з загальних підходів, що визначають, за яких заданих обмеженнях доцільно проводити оптимізацію: при постійній електричній потужності енергоблоку АЕС або при постійній тепловій потужності реактора енергоблоку АЕС.

Якщо проводити оптимізацію при заданій постійній електричній потужності енергоблоку АЕС, то необхідно створювати математичну модель, що описує функціонування всього устаткування енергоблоку АЕС, і при цьому враховувати безперервну зміну теплової потужності реактора.

В атомній енергетиці з міркувань надійності та економії реактори зазвичай проектується на основі конструкцій стандартних тепловиділяючих елементів (твелів), що мають фіксовані геометричні характеристики і певну теплову потужність. Сумарна теплова потужність реактора змінюється дискретно шляхом зміни кількості працюючих твелів, причому, що важливо, не пропорційно до їх числа. Ця нерівномірність обумовлена тим, що енерговиділення в активній зоні реактора залежить ще й від геометричних розмірів самої зони. У зв'язку з цим врахувати безперервну зміну теплової потужності реактора в процесі оптимізації параметрів за умов заданої постійної електричної потужності енергоблоку АЕС вельми складно.

Тому доволі часто стає доцільним оптимізувати параметри енергоблоків АЕС при постійній тепловій потужності реактора, а приведення варіантів до рівного енергетичного ефекту здійснювати шляхом урахування зміни електричної потужності енергоблоку, тобто введення так званої замісної електричної потужності в енергосистемі. За такої постановки для вирішення задач оптимізації основних теплових і гідравлічних параметрів енергоблоків АЕС з реакторами, що охолоджуються водою під тиском, необхідні математичні моделі такого устаткування: реактора, парогенератора, турбіни, системи зовнішньої сепарації і проміжного перегріву пари, системи регенерації та системи «конденсатор – водоохолоджувач». Глибина деталізації математичного моделювання цього устаткування повинна ґрунтуватися за принципом рівної точності, тобто в кожній моделі необхідно враховувати параметри, що мають один порядок впливу на цільову функцію.

Правильний вибір одного з перелічених підходів, який обумовлений наявністю тих чи інших математичних моделей, підвищує ефективність застосування математичного моделювання для вирішення задач оптимізації параметрів енергоблоків АЕС.

ВИЯВЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОНТАЖНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ТЕПЛОЗАХИСТУ КРІОПОСУДІВ

Жунь Г.Г., Борщ О.Є.

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

В даний час кріопосуди знаходять широке застосування у різних галузях науки та техніки. Вони виготовляються із застосуванням прискореного машинного орбітального ізолювання їх внутрішніх резервуарів одночасно двома смугами із здубльованого екранного та прокладкового матеріалів екранно-вакуумної теплоізоляції (ЕВТІ) по емпіричній (неоптимізованій) технології. Дані смуги монтуються на резервуар кріопосуда із різними невідомими зусиллями натягу (P_z , кг/смуга) та щільністю укладки (ρ , екран/см). Виготовлені таким чином на кріопосудах теплозахисні конструкції мають значний розбіг по тепловим характеристикам, а їх коефіцієнти теплопровідності ($\lambda_{\text{еф}}$) мають у 7÷12 разів більші значення від калориметричних зразків ЕВТІ. У зв'язку з цим вперше виникли задачі розробки методів вимірювання і контролювання монтажних зусиль P_z при машинному ізолюванні кріопосудів та вивчення залежності від них коефіцієнтів теплопровідності $\lambda_{\text{еф}}(P_z)$.

Аналіз конструкції машинного агрегата показав, що величину зусиль натягу P_z для смуг ЕВТІ при ізолюванні кріопосуда можливо регулювати за допомогою спеціального гальмового пристрою, який мається на ньому. Для вимірювання зусиль натягу P_z для монтуємих смуг ЕВТІ був запропонований виготовлений та прокалібрований спеціальний резиновий динамометр і розроблена технологія його визначення в процесі ізолювання кріопосуда.

Проведені вперше дослідження дозволили установити, що величина монтажних зусиль натягу P_z визначається шириною розкроювання матеріалу ізоляційної композиції ЕВТІ на смуги (h). В свою чергу ширина смуг h залежить від матеріалу ізоляції (M) та діаметра ізолюємого резервуара (D) (від крутизни поверхні). Виявлено, що при зменшенні діаметра ізолюємого резервуара також зменшується і ширина необхідної смуги ЕВТІ. В результаті проведених досліджень для 6-ти найбільш ефективних композицій ЕВТІ із сучасних ізоляційних матеріалів були визначені оптимальні значення параметрів P_{z0} і h_0 для ізолювання резервуарів діаметром від 0,15 м до 0,4 м, при яких ефективні коефіцієнти теплопровідності досягають мінімальних значень $\lambda_{\text{еф min}}$, лише на 15–18% вищих від калориметричних зразків даних теплоізоляцій. Наприклад, для композицій ЕВТІ із ПЕТФ–ДА+СНТ–10 і ПЕТФ–ДА+УСНТ–10 на кріобіологічних посудах Дьюара Х-34Б (ємністю 35 л) такі коефіцієнти $\lambda_{\text{еф min}}$ мають значення $4,5 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м·К) і $4,0 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м·К), при яких ресурси їх роботи (R) із рідким азотом досягають рекордних величин 250–260 та 280–290 діб відповідно.

Проведені дослідження показали, що дані кріопосуди є ефективними також і для зберігання рідкого неону та водню.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КРІОПОСУДІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПЕТЛЕПОДІБНОГО ПРОЦЕСУ ВАКУУМУВАННЯ

Жунь Г.Г., Мурзаков В.С.

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

Дослідження вакуумних характеристик шарів екранно–вакуумної теплоізоляції (ЕВТІ) на кріобіологічному посуді Х-34Б дозволили встановити, що уздовж його горловини (діаметром 0,05 м) існує вакуумний канал. В результаті в кріопосуді при експлуатації із рідким азотом відкачка продуктів газовідділення (для підтримки оптимального тиску $P_0 \leq 10^3$ Па) відбувається не тільки через холодні шари ЕВТІ до вакуумного адсорбційного насоса змонтованого на внутрішньому резервуарі, а і по вакуумному каналу уздовж горловини із ділянок теплоізоляції біля теплої стінки кріопосуда. Даний процес вакуумування має петлеподібний напрямок.

Проведені довголітні дослідження ефективності виготовляємих кріопосудів із рідким азотом та датчиками температури по товщині ЕВТІ показали, що температура їх теплоізоляцій поступово збільшується, а ресурси роботи (R), при одноразовому заповненні рідким кріоагентом, зменшується. Зроблений висновок, що причиною цього є утворення на холодних ділянках теплоізоляції шарів кріоконденсату із відкачуємих продуктів газовідділення, які в основному складаються із молекул H_2O і CO_2 . В результаті цього підвищується її ступінь чорноти та променевий теплоперенос до рідкого азота.

Для запобігання погіршення теплових характеристик теплоізоляції запропоновано змінити відкачку продуктів газовідділення із її ділянок з температурою вищою 273 К у протилежний від холодних шарів ЕВТІ напрямок за допомогою вперше відкритого петлеподібного процесу вакуумування. З цією метою шари теплоізоляції біля зовнішньої стінки кріопосуду стали виготовлятися для збільшення газопроникності перфорованими (із отворами діаметром 2 мм та ступенем перфорації $\approx 5\%$). Експериментально визначено, що оптимальним є застосування 35 перфорованих шарів в ЕВТІ, при яких забезпечується повний її захист від «отруйної» дії кріоконденсату із продуктів газовідділення.

В результаті кріопосуд Х-34Б (ємністю 35 л) з перфорованою теплоізоляцією на протязі 10 років зберігання рідкого азота мав постійний ресурс 142–145 діб, а такий самий кріопосуд без перфорованих шарів в ЕВТІ мав через 5 років на 10 діб, через 10 років на 19 діб, а через 15 років вже на 67 діб меншою такою характеристикою.

Проведені дослідження показали, що при експлуатації тільки одного кріопосуда Х-34Б з перфорованими шарами теплоізоляції на протязі 15 років (а такі кріопосуди експлуатуються і значно більше років) досягається зменшення втрат рідкого азоту на 400 кг, що у сьогочасному грошовому еквіваленті складає близько 10 тис. гривень.

ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА МІНІТЕЦ В АГРОКОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

Збараз Л.Й., Павлова В.Г.

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

За даними експертів Oil World всього п'ять регіонів виробляють понад 85% соняшнику в світі - Україна (30%), Росія (24%), ЄС (18,5%), Аргентина (7%) і Китай (6%). Це означає, що на всіх континентах нашої планети є великі виробники соняшнику. За даними Укрстату в 2018 році збір соняшнику в Україні склав 13,7 млн.т., експорт соняшникової олії в 2018/19 склав 5,2 млн. т. При переробці насіння соняшника було отримано близько 2,5 млн.т. лушпиння. Лушпиння містить понад 50% вуглецю, тобто є цінною енергетичною сировиною. Теплотворна здатність $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 17,6$ МДж/кг. Однак, насипна щільність лушпиння низька, 170 кг/м³, що робить нерентабельною її транспортування автомобільним або залізничним транспортом. У зв'язку з подорожчанням природного газу на олійноекстракційних заводах (ОЕЗ) лушпиння переробляють в паливні гранули, з подальшою реалізацією.

В Україні велика частина ОЕЗів розраховані на переробку понад 500 т/добу насіння. При цьому утворюється до 95 т/добу лушпиння. Розроблені в 50-і роки минулого століття котли ДКВР добре адаптовані для спалювання лушпиння та іншого дрібнофракційного палива. Крім того, останнім часом, технологія спалювання лушпиння в киплячому шарі, горизонтальних і вертикальних вихрових топкових камерах досить добре себе зарекомендували і широко використовуються для одержання технологічної пари. На вироблення технологічної пари при цьому витрачається 30 ... 35 т/добу лушпиння (близько 30%).

Таким чином, при переробці 500 т/добу насіння соняшнику, на ОЕЗ накопичується близько 60 т/добу лушпиння, яку доцільно використовувати як паливо для мініТЕЦ. Застосовуючи технологію спалювання лушпиння в киплячому шарі мініТЕЦ може виробляти близько 3 МВт електричної потужності. При цьому власні потреби заводу - 1,0 МВт. Надлишкову електроенергію ОЕЗ може віддавати в загальну енергомережу по «зеленому» тарифу. З огляду на те, що ОЕЗ працює цілодобово на протязі цілого року, з нетривалої зупинкою в серпні для профремонту, об'єднання мініТЕЦ і ОЕЗ виглядає досить привабливо.

При досягнутому в Україні рівні переробки насіння соняшнику сумарна електрична потужність мініТЕЦ, що працюють в одному агрокомплексі з ОЕЗ, може бути доведена до 700 МВт. Це дасть суттєву економію вугілля для традиційних ТЕЦ і посилить енергонезалежність країни.

НАДІЙНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОТЛА ДО СУЧАСНИХ ВИМОГ ЗАВДЯКИ АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Каверцев В.Л, Дягілев В.А.

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

Більшість електростанцій та енергокомплексів України були введені в експлуатацію в 50-60 роки минулого століття. Обладнання парових котлів цих об'єктів на теперішній час зношене та морально застаріле, а в більшості випадків підлягає ремонту. Так, з 104 блоків ТЕС, що експлуатуються, тільки 36,1 % не досягли граничного ресурсу роботи, у той час як 44,3 % працює за межею фізичного зносу. Це в свою чергу призводить до наднормативних рівнів забруднення атмосферного повітря викидами ТЕС та ТЕЦ. Враховуючи ці фактори, актуальною задачею, що стоїть перед енергетикою України, є заміна та реконструкція обладнання, яке відпрацювало свій ресурс. При заміні чи реконструкції обладнання котлів повинні виконуватись всі сучасні вимоги з урахуванням відомих на сьогоднішній день прогресивних рішень щодо технології виготовлення елементів котла.

До складу енергоблоків потужністю 100 МВт на промислових електростанціях працюють газомазутні котли переважно Таганрогського заводу, такі як ТГМ-84, що були випущені наприкінці 50-х років минулого століття. У теперішній час котел відпрацював свій ресурс і його техніко-економічні та екологічні показники знаходяться значно нижче сучасного рівня (середній ККД дорівнює 88 %, а викиди оксидів азоту перевищують 900 мг/м³, що в декілька разів перевищує сучасні вимоги [2]).

Існують два шляхи переоснащення котла: заміна старого котла новим, що потребує значних капіталовкладень, та вузлова реконструкція найбільш зношених і морально застарілих елементів котла на нові, при збереженні працездатної частини обладнання, що задовольняє сучасним вимогам.

Другий шлях є більш доцільним і менш затратним.

При реконструкції котла необхідно пропонувати сучасні прогресивні технології з метою відновлення працездатності фізично та морально зношених вузлів і одночасного їх удосконалення, а також забезпечення сучасних нормативних екологічних вимог. В основу технічного переоснащення котла слід закладати умови максимального ефекту при мінімальних капітальних затратах.

Надійна експлуатація і підвищення ефективності роботи котла, а також приведення технологічного процесу виробництва пари у відповідність до вимог діючих нормативних документів в галузі теплоенергетики неможливі без впровадження автоматичних систем регулювання (АСР), які є невід'ємною частиною автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП). Рішення такої задачі для всього процесу в цілому є дуже трудомістким а іноді практично неможливим в зв'язку з великою кількістю факторів, що суттєво впливають на його хід, тому саме ця задача є однією з найважливіших та цікавих для вирішення.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ И ПЛАСТИНЧАТЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ КОНДЕНСАТА

Каневец Г. Е., Алтухова О. В., Маврич Е.А.

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

На биоэлектростанциях, использующих в качестве топлива лузгу подсолнечника, горение в топках паровых котлов происходит на водоохлаждаемых колосниковых решетках. Теплота, подведенная к охлаждающей решетки воде, может в дальнейшем использоваться в цикле для подогрева основного конденсата перед деаэратором.

В работе представлены результаты оптимизации подогревателя на примере биоэлектростанции мощностью 9 МВт, работающей с парогенератором Е-35-3,9-440. Тепловая нагрузка подогревателя 1763 кВт, был проанализирован также расширенный диапазон мощностей от 350 до 5300 кВт. Температуры греющего теплоносителя (охлаждающая вода решетки котла) 123,3 – 115°C, нагреваемого (основной конденсат турбоустановки) – 44 – 91,7°C, процессы теплообмена без фазового перехода.

Сравнение оптимальных кожухотрубных (КТО) и пластинчатых (ПТО) теплообменников по критерию эффективности приведенные затраты представлено на рис. 1. Здесь видно, что на всём диапазоне нагрузок пластинчатые теплообменники показывают более высокую эффективность по сравнению с кожухотрубными.



Рисунок 1 – Зависимость приведенных затрат от тепловой нагрузки

В ходе проведения вычислительного эксперимента было установлено, что оптимальная скорость воды в трубках кожухотрубчатого теплообменника (греющий теплоноситель) составляет примерно 2,3 м/с, в межтрубном пространстве примерно 0,43 м/с. Интересно, что несмотря на то, что каналы пластинчатого теплообменника одинаковы геометрически и в них течёт один теплоноситель (вода), присутствует небольшая разница в оптимальных скоростях теплоносителей: для греющего теплоносителя она составляет примерно 0,55 м/с, для нагреваемого – 0,1 м/с. Это различие может быть связано с различием вязкостей более нагретой воды и менее нагретой. Перекачку более вязкой холодной воды требует больших эксплуатационных расходов на привод нагнетателей. То, что этот фактор существенно влияет на конечную оптимальную скорость теплоносителей показывает важность учёта эксплуатационных расходов при проведении оптимизации.

ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СОСТАВА СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СО СКОРОСТЯМИ ПОЛЕТА $M_n = 0...4$

Кислов О. В., Шевченко М. А.

***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт», г. Харьков***

Одним из перспективных направлений в авиации является созданию самолетов класса бизнес-джет, которые позволят осуществлять трансокеанские полеты со сверхзвуковым крейсерским режимом полета ($M_n = 2...4$).

На пассажирских самолетах Ту-144 и «Конкорд» для реализации сверхзвукового полета в качестве силовой установки использовались двигатели ТРДФ. В настоящее время, как в дозвуковой, так и сверхзвуковой авиации двухконтурные турбореактивные двигатели являются доминирующими силовыми установками (СУ), однако известно, что для $M_n = 2...4$ наиболее подходящими являются прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД). Но ПВРД характеризуются отсутствием стартовой тяги и низкой экономичностью при дозвуковых скоростях полета. Поэтому СУ может быть комбинированной, что делает актуальным вопрос об определении состава СУ для летательного аппарата.

Выбор состава СУ – это часть сложной комплексной вариационной оптимизационной задачи. В качестве целевой функции обычно выбираются масса летательного аппарата (ЛА) при заданной дальности полета или дальность полета при заданной взлетной массе ЛА. При этом условие оптимума соответствует минимуму массы ЛА или максимуму дальности полета.

Решение этой задачи зависит от параметров силовой установки (параметры рабочего процесса двигателей, их режимы работы, время работы, удельной массы двигателей), от величин скорости и высоты полета в зависимости от координаты пути, от аэродинамических характеристик ЛА, а также от массовых характеристик ЛА. Это требует наличия подмоделей расчета характеристик двигателей; расчета масс ЛА и СУ, расчета аэродинамических характеристик ЛА, расчета перемещения ЛА (дифференциальные уравнения движения ЛА).

В результате решения этой задачи определяются оптимальные параметры всех подмоделей, в том числе параметры и состав СУ.

Ввиду сложности этой задачи, целесообразно упростить ее, задав профиль полета и геометрическую форму ЛА.

Такая постановка задачи позволяет найти оптимальные состав и параметры СУ при заданных условиях. Кроме того, она позволяет оценить изменение оптимального решения при изменении профиля полета и геометрической формы ЛА.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КПД
ВОЗДУХОНЕЗАВИСИМОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

Кислов О.В., Черныш М.В.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»,
г. Харьков*

В настоящее время рассматриваются возможности использования воздухонезависимых энергетических установок (ЭУ). Воздухонезависимость ЭУ позволяет применить в качестве рабочего тела ГТД более выгодный с точки зрения внутреннего КПД газ. При этом целесообразно, чтобы ЭУ работала по замкнутому циклу.

Известно, что при увеличении показателя изоэнтропии термический КПД цикла Брайтона увеличиваются. Максимальное значение показателя изоэнтропии имеют одноатомные газы.

В работе выполнена расчетная оценка влияния на внутренний КПД ГТД замены рабочего тела на одноатомный инертный газ (Гелий и Аргон). С целью дополнительного повышения внутреннего КПД воздухонезависимой энергоустановки (ВНЭУ) выполнена оценка комбинирования цикла ГТД с паровым циклом Ренкина с пароперегревом.

Получено, что применение аргона и гелия приводит к росту КПД ГТУ в среднем на 16,5 % по сравнению с воздухом. Кроме того, уменьшились значения оптимальной и экономической степеней повышения давления компрессора. При умеренной температуре газа перед турбиной ГТД экономическая степень повышения давления компрессора составляет примерно 8, что достижимо даже при применении одноступенчатого центробежного компрессора.

Комбинирование циклов позволит повысить внутренний КПД примерно на 36%. Кроме того, возрастает удельная мощность на 40%.

РАСЧЕТ СВЕРХЗВУКОВОГО ПОТОКА НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА СТРУЙ НА ВЫХОДЕ ИЗ СОПЛА ГТД МНОГОРЕЖИМНОГО САМОЛЕТА В УСЛОВИЯХ ДОЗВУКОВОГО ПОЛЕТА В ЗОНАЛЬНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ

Коткин В.В.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»,
г. Харьков*

В настоящее время для расчета характеристик сопла газотурбинного двигателя многорежимного самолета наряду с прямыми методами расчета течения, возникающего на выходе из сопла на дозвуковых скоростях полета, применяются зональные методы. Это вызвано трудностями формирования граничных условий в прямых методах тогда, когда на выходе из двигателя сопряженные сверхзвуковая и дозвуковая струи. В зональных методах течение разбивается на сверхзвуковую и дозвуковую зоны, а их взаимодействие осуществляется вдоль границы раздела струй.

В работе рассматриваются соотношения позволяющие построить границу сверхзвуковой реактивной струи и определить параметры сверхзвукового потока на ней применительно к зональному методу, в котором в сверхзвуковой зоне методом «характеристик» решаются уравнения Эйлера, а в дозвуковой – осредненные уравнения Навье-Стокса.

Расчетные соотношения найдены на основе уравнений «характеристик». Брался наиболее общий расчетный случай, когда на срезе сопла реализуется режим течения с косым скачком уплотнения. Другие режимы течения могут быть получены путем его упрощения. При выводе соотношений использовались следующие допущения: распределение параметров дозвукового потока вдоль сверхзвуковой струи известно; на границе сверхзвуковой струи имеет место равенство статических давлений дозвукового и сверхзвукового потоков; поток перед косым скачком изэнтропический. Кроме того предполагалось, что полное давление в невязком сверхзвуковом потоке изменяется только на поверхности скачка уплотнения, а на границе сверхзвуковой струи выполняется условия непротекания. Соотношения содержат параметры, определяющие режим полета и режим работы сопла.

Приведенные соотношения использовались в зональном методе расчета течения при определении характеристик выходного устройства многорежимного самолета в условиях дозвукового полета.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ФРЕОНІВ У ТЕПЛОВОМУ НАСОСІ ДЛЯ ПІДГРІВУ ВОДИ

Кошельник О.В., Гойсан С.Б., Долобовська О.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

Як відомо, ефективність теплового насоса характеризується коефіцієнтом перетворення електричної енергії в теплову (COP). Він показує кількість виробленої теплової енергії по відношенню до електричної енергії, витраченої на роботу стиску фреону в компресорі. В теорії даний коефіцієнт має найбільше значення при ідеальному циклі Карно і може досягати 11,3. На практиці ж він залежить від ряду факторів (наприклад, характеристик компресора). Також ефективність залежить від вдалого підбору фреону для конкретних умов роботи.

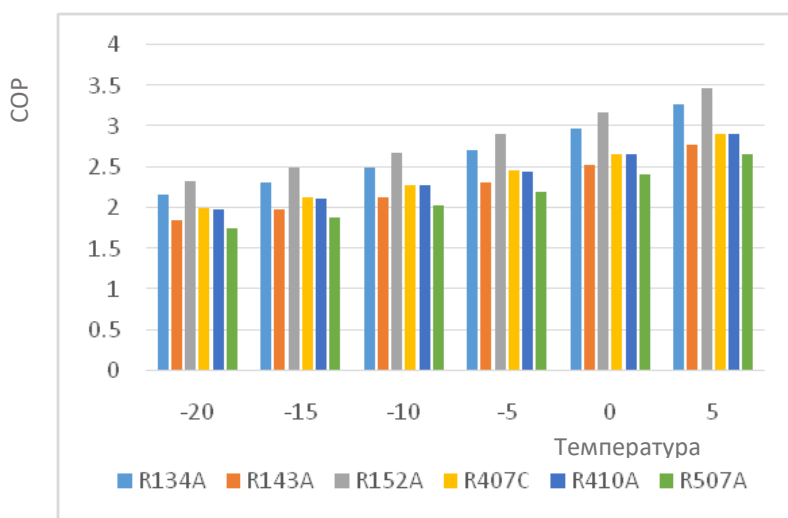


Рис.1. Значення COP для фреонів при різних температурах випаровування

Але ефективність циклу не є вирішальним фактором при виборі фреону. Так, для деяких фреонів є обмеження по температурах оскільки вони можуть розкладатись чи викликати корозію. Інші види є вибухонебезпечними, тому їх слід використовувати тільки в якості сумішей для усунення цього ефекту.

В роботі проаналізовано ефективність роботи теплового насоса, що застосовується для підігріву води в житловому будинку до температури 60 °C, за умов застосування шести видів фреонів. Аналіз проведено для температур випаровування від -20 до +5 °C. Результати досліджень наведено на рисунку.

З рисунку 1 видно, що найбільш ефективними з точки зору величини COP є фреони R152A та R134A. Фреон R152A має найкращі теплофізичні властивості, екологічно чистий і має високий COP, однак в чистому виді він не використовується через високу горючість (межі вибухонебезпечності 3-22 % об. у повітрі). Тож на практиці частіше використовують фреони R407C або R410A.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Кошельнік О.В., Козир Р.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,*

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

В Україні побудовано та введено в експлуатацію багато сучасних підприємств з виробництва пива, а діючі заводи оснащуються новими машинами та автоматизованими лініями. В той же час актуальним залишається питання зменшення енерговитрат при виробництві пива та зменшення його собівартості.

Проведено аналіз енергоспоживання для пивоварильного заводу продуктивністю 3,9 млн. дал пива на рік. Основним споживачем водяної пари є варильний цех. Крім того, пара використовується в цеху розливу при мийці тари та пастеризації пива, у відділенні чистої культури та на пропарювання трубопроводів. За результатами розрахунків загальна добова витрата пари склала 9596,7 кг/добу, річна витрата пари на всіх етапах виробництва пива – 31684 т/рік.

В основному на технологічні потреби завод споживає природний газ. Добова витрата природного газу для отримання необхідної кількості пари для технологічного процесу дорівнює 7010,8 м³. Якщо на пивзаводі для спалювання газу в котельних установках використовуються регульовані пальники, то тоді можливо спалювати біогаз без додаткового доочищення.

Сировиною для виробництва біогазу є відходи виробництва – дробина. З 1 тони дробини можливо отримати ≈ 110 м³ біогазу (вміст метану $\text{CH}_4 = 55\%$). При переробці в біогаз використовується двостадійна технологія зброджування. Розділення процесу кислотоутворення та метаноутворення в окремих резервуарах дозволяє отримати стабільний процес без додавання якої-небудь іншої органіки.

Для зменшення витрати природного газу пропонується використання біогазу, який отримується з пивної дробини. Розрахунки довели, що можливий річний обсяг отриманого біогазу може складати 660000 м³/рік, середньодобовий вихід біогазу – 2075 м³/добу, що заміщує 1140 м³ природного газу. Річна економія умовного палива складає 437,78 т.у.п. /рік. Таким чином, використання біогазу, отриманого з відходів пивного виробництва, дозволить знизити витрати природного газу в заводській котельній, що забезпечить зниження собівартості готової продукції.

ОБРОБКА СТАЛІ ХОЛОДОМ

Крахмальов О.В.

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

Обробці холодом піддають вуглецеві і леговані сталі для підвищення їх твердості, зносостійкості, магнітних властивостей та стабілізації розмірів. Температура кінця мартенситного перетворення у сталей, які містять близько 0,5 % С і більше, знаходиться нижче 0 °С. Наприклад, у сталях У7, У8, У9 мартенситне перетворення закінчується при температурі -55 °С, в сталях Х і ШХ15 при -90 °С, в сталі ХВГ при -110 °С. В структурі цих сталей після загартування при охолодженні до кімнатних температур завжди присутня деяка кількість не перетвореного в мартенсит аустеніту. Наприклад, в сталі У12 після закалювання існує 10 – 23 %, в сталі Х10 – 28 %, в сталі ШХ15 – 9-28 % залишкового аустеніту. Наявність залишкового аустеніту не дозволяє повністю використовувати «ресурси» міцності сталі. Тому застосовується спеціальний вид термічної обробки – обробка холодом. Ця обробка полягає в охолодженні сталі після загартування до мінусових температур. Таке охолодження призводить до змінення залишкового аустеніту і збільшенню залишкового мартенситу, що підвищує її твердість, магнітні характеристики та вихідні розміри деталей. Наприклад, після обробки холодом кількість залишкового аустеніту в сталі У12 зменшується до 4 – 12 %, в сталі Х до 5 – 14 %, в сталі ШХ15 до 5 – 14 %, що дає збільшення твердості на 3 – 6 одиниць HRC.

Коли тільки що загартовану сталь видержати при кімнатній температурі, то аустеніт стабілізується. Це означає, що при подальшому охолодженні в мартенсит перетвориться менша кількість аустеніту. Щоб запобігти цьому, обробку сталі холодом здійснюють одразу після загартування.

Для зменшення напружень температуру загартування вибирають за нижньою межею і охолодження від 20 °С до мінусових температур уповільнюють. Наприклад, якщо деталі поміщають одразу в середовище з низькою температурою, їх обгортають папером або азбестом. Обробка холодом необхідна для деталей високої точності і вимірювальних інструментах, оскільки вона стабілізує властивості і розміри виробів.

В промисловості при серійному виробництві виробів холодильне устаткування включають в загальний технологічний потік термічної обробки виробів. Наприклад, для стабілізації розмірів кілець підшипників застосовується наступна схема термічної обробки: в гартувальній печі кільця нагріваються до температури 830 – 860 °С, надходять в гартівний бак з мастилом, де охолоджуються до 30 – 60 °С і потім транспортуються в мийну машину. При митті кільця охолоджуються до 10 – 15 °С і подаються в холодильну установку, переміщуючись по якій протягом 90 хв. Охолоджуються до -20-70 °С, після чого проходять відпускання в печі при температурі 160 – 170°С протягом 2,5 – 3 годин.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАНУ ГОЛОВКИ ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА З ШАРОМ НАГАРА НА НІЙ

Ліньков О.Ю., Пильов В.В., Кравченко С.О.

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

Значна частка магістральних та маневрових тепловозів залізничного транспорту України оснащена чотирьохтактними среднеобертовими дизелями типу Д49 (12ЧН26/26). Однією з проблемних деталей цього двигуна є головка циліндрів, реальний строк роботи якої є нижчим за вказаний в технічних вимогах в 4,5-6 разів. Це пов'язано з появою тріщин на її вогневій поверхні в перемичках між впускним і випускним клапанами, між клапаном та отвором для встановлення форсунки або в газоповітряних каналах поблизу вогневої поверхні. Через це існує значна потреба в регулярній заміні вказаної деталі, в тому числі на екземпляри імпортного походження. При цьому порівняно близький строк служби головок різних виробників дозволяє виключити з розгляду вплив на факти втрати міцності якості матеріалу та технології виробництва. Через це виникає актуальна потреба в аналізі та усуненні недоліків конструкції.

При дослідженні стану головок, що мають вищевказані дефекти, було виявлено наявність на їх вогневих поверхнях нерівномірних відкладень нагару. Відомо, що через низькі теплопровідність та термічну інерційність в періодичному процесі тепlopідведення від робочого тіла в циліндрі дизеля нагар може виступати в ролі теплоізоляції деталей, в тому числі за рахунок динамічного ефекту. Очікувана температура під шаром нагаровідкладень при їх рості повинна зменшуватись, а в інших зонах, вільних від нагару, – підвищуватись через перерозподіл до них теплового потоку. Попередні дослідження засвідчили, що вказаний динамічний ефект зростає саме для середньообертових дизелів.

З метою аналізу зазначеного впливу розроблено методику оцінки впливу відкладень нагару на поверхні головки циліндрів на її температурний стан. Моделювання високочастотної нестационарної теплопровідності в шарі нагару та приповерхневій області головки здійснюється в одновимірній постановці, із застосуванням методу скінченних різниць.

Виконане дослідження із застосуванням розробленого спеціалізованого програмного забезпечення засвідчило, що для діапазону товщин нагару від 0 до 0,75 мм, який вкриває до 50% теплопоглинаючої поверхні, при збереженні інтегрального теплового потоку до деталі, через вплив теплоізоляції на робочий процес відбувається локальне збільшення тепловіддачі в чистих від нагару областях до 9%. Для зон під нагаром та вільних від нього визначено виникнення додаткової нерівномірності температурного поля в межах 23°C, що призводить до посилення термічних напружень.

Отримані результати засвідчують необхідність урахування теплоізолюючого ефекту від наявності на поверхнях нагару при розв'язанні задач підвищення ресурсу головок циліндрів і, в першу чергу, міжклапанних перемичок. На нову конструкцію головки циліндрів подано заявку на патент.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ

Марценюк В.Е., Матвейчук В.В., Петков А.А.

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

Для определения целесообразности перехода с используемого типа энергоносителя на другой тип или применения нескольких типов энергоносителей для отопления индивидуального строения (в том числе и энергоснабжение на базе возобновляемых источников) необходимо иметь данные по его тепловым потерям.

Имеющиеся соотношения позволяют достаточно просто производить укрупненные расчеты тепловых потерь по общим характеристикам строения, например [1], однако полученные данные имеют низкую точность.

Наиболее достоверно тепловые потери индивидуального строения могут быть определены на основе фактических данных по потреблению используемых энергоносителей за определенный период. Они могут быть представлены в виде показаний приборов учета (например, газ, электроэнергия) или объема потребленного энергоносителя (например, мазут, уголь, дрова). Эти данные могут включать как расходы энергоносителей на отопление, так и на бытовые нужды. В [2] приведена методика расчетов энергопотребления индивидуального строения по месяцам, основанная на максимальных значениях энергии, расходуемой на отопление и бытовые нужды.

В данной работе рассмотрена методика статистического моделирования тепловых потерь индивидуального строения при наличии базы данных по потреблению теплоносителей за период не менее трех лет. Приведено сопоставление результатов различных вариантов расчета. Показано, что предложенная методика позволяет более обосновано определять тепловые потери индивидуального строения.

Представленные материалы могут быть использованы при оценивании экономической целесообразности перехода на альтернативные (возобновляемые) источники энергоснабжения индивидуальных строений или их комбинацию, а также при прогнозировании тепловых потерь строения при изменении климатических условий.

Литература:

1. Поддержание нормативного температурного режима в помещении за счет оптимизации тепловых потерь: методические указания / Сост. М.В. Анисимов. – Томск.: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 20 с.
2. Матвейчук В.В. Расчетно-экспериментальное определение тепловых потерь индивидуального строения / В.В. Матвейчук, А.А. Петков // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: материалы международной научно-технической конференции, 26-29 сентября 2018 г., г. Одесса. – Одесса: ОНПУ, 2018. – С. 121 - 122.

АНАЛИЗ РАБОТЫ КОНДЕНСАЦИОННО-ОХЛАДИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Переселков А.Р., Круглякова О.В., Кулинич Е.А.

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

Вакуум-выпарные установки широко используются на предприятиях химической и пищевой промышленности. Одним из узлов установки, в существенной мере оказывающим влияние на ее функционирование, является конденсационно-охладительный узел.

Был рассмотрен конденсационно-охладительный комплекс выпарной установки, состоящий из вертикального рекуперативного конденсатора для расхода пара 8,5 т/ч и трехсекционной градирни с вытяжным вентилятором, установленной на уровне земли. Площадь секции составила 4×4 м², ороситель стандартный двухъярусный из асбоцементных листов. Для климатических условий г. Харькова при нормативной температуре воздуха 24,9 °С и относительной влажности 52 % расчетная высота оросителя оказывается чуть меньше стандартной, таким образом, в градирне обеспечивается полное требуемое охлаждение оборотной воды. Однако при повышении температуры наружного воздуха до 35°С, что в последнее время стало распространенным явлением для данного региона в летний период, потребуется значительно большая высота оросителя, наращивать которую в уже эксплуатируемой градирне технологически не представляется возможным.

Для повышения эффективности работы действующей градирни были рассмотрены следующие мероприятия, которые естественным образом вытекают из выражения для расчета объемного коэффициента массоотдачи, входящего в уравнение передачи тепла от воды к воздуху. Во-первых, увеличение относительного расхода воздуха за счет увеличения угла наклона лопастей осевого вентилятора градирни, что предусмотрено в вентиляторе применяемой конструкции. Еще более эффективным является повышение плотности орошения путем увеличения расхода воды на градирню. При постоянном расходе охлаждающей воды на конденсатор это решение может быть реализовано за счет установки в системе обратного водоснабжения двух резервуаров – для охлажденной и нагретой воды. При работе градирни с повышенным расходом воды избыток ее из резервуара с охлажденной водой переливается в резервуар с нагретой водой, разбавляя ее и, как показали расчеты, дополнительно снижая температуру воды, подаваемой на градирню и, соответственно, температуру охлажденной воды. В рассматриваемом примере такие мероприятия позволяют обеспечить работу конденсационно-охладительного узла при повышении температуры наружного воздуха до 33 °С.

Также возможна установка дополнительной резервной градирни (возможно, другой конструкции), работающей параллельно с уже действующими секциями.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПОРШНЯ ДИЗЕЛЯ З ОБ'ЄМНО-ПЛІВКОВИМ СУМІШОУТВОРЕННЯМ

Пильов В.В., Пильова Т.К.

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

Організація робочого процесу двигунів з об'ємно-плівковим сумішоутворенням передбачає, що частина палива, яка подається в камеру згоряння (КЗ) в поршні, розпилюється і випаровується в об'ємі КЗ, а частина досягає стінки цієї камери з утворенням на ній паливної плівки, яка також випаровується. При високих тиску та температурі в КЗ пари палива взаємодіють з киснем, спалахують та вигорають. Високі показники паливної економічності та низької емісії шкідливих викидів при заданій потужності двигуна забезпечують узгодженням геометрії КЗ, геометричних параметрів розпилювача форсунки, кута випередження подачі палива відносно верхньої мертвої точки двигуна, інтенсивності обертального руху повітря в камері, характеристик подачі палива. При цьому випаровування паливної плівки зі стінки КЗ супроводжується локальним зменшенням її температури.

Аналіз відомих досліджень показує, що при суттєвому зменшенні температури поверхні КЗ посилюється ефект обривів ланцюгових реакцій горіння в пристінній зоні камери і, як наслідок, відбувається поява нагару на її поверхні. Врівноваження процесів нагароутворення та вигорання нагару при цьому відбувається при певній товщині нагару, яка визначає температуру його поверхневого шару. Значною мірою вказані ефекти притаманні для поршнів з алюмінієвих сплавів.

Аналіз конструкції поршня дизеля 4ЧН12/14, виконаного з розповсюдженого сплаву АК12М2МгН (який має значну кількість закордонних аналогів) засвідчив, що в зонах наявності плівок палива на стінках КЗ має місце локальне нагароутворення. Подальша подача палива на шар нагару змінює умови утворення паливної плівки та її випаровування, що погіршує показники паливної економічності та викиди шкідливих речовин. З іншого боку, виконання КЗ в поршні з низькотеплопровідних матеріалів, наприклад чавуна або сталі, приводить до підвищення температури стінки камери та зменшення нагароутворення на її поверхні. Але цей захід, в свою чергу, через появу ефекту регенеративного теплообмінника, зменшує наповнення циліндру повітрям, що також погіршує показники паливної економічності та екологічності.

На підставі виконаного аналізу в роботі запропоновано здійснити удосконалення поршня, яке полягає в тому, що в камері згоряння розміщено кільцеву вставку, яку виконано з низькотеплопровідного матеріалу та яка має ділянки, поверхня яких співпадає з бічною поверхнею КЗ тільки в зонах наявності паливних плівок. Таким чином, для покращення випаровування паливної плівки зі стінки КЗ до відомих конструктивних і регулювальних параметрів, що потребують узгодження, пропонується залучити також параметри вставки. На запропоноване конструктивне рішення отримано патент України.

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА НЕПОВНОТИ ІНФОРМАЦІЇ

Потаніна Т.В.

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

В умовах невизначеності, неповноти та неточності даних при обробці результатів експериментів, конструювання моделей та оцінки показників надійності процесів та функціонування, зокрема, електроенергетичних об'єктів (ТЕС, АЕС, МГЕС) традиційно застосовуються ймовірісно-статистичні методи. Слід зазначити, що ймовірісно-статистична модель не дозволяє врахувати чинники невизначеності, зумовлені систематичними похибками вимірювань та похибками наближеного представлення результатів розрахунків чи спостережень[1].

Одними з ефективних засобів врахування невизначеності в даних є методи інтервального аналізу [2], основи якого від самого виникнення були стисло пов'язані з теорією вимірювань в метрології. Численні теоретичні положення інтервального аналізу: інтервальна та нечислова статистика, розрахунок градуіровочної кривої за інтервальними даними, поняття про інтервальну функцію та методи розв'язування задач глобальної оптимізації, чисельні методи та інше, дозволяють досить коректно формулювати завдання в умовах невизначеності та розв'язувати його, коли неможливо застосувати класичні статистичні методи чи вимагання оптимізаційних процедур також не дотримуються [3].

Обробка експериментальних даних певного процесу та оцінка його параметрів в умовах наявності шуму в даних вимірювань (чи спостережень), невідомих ймовірнісних характеристиках похибок, а також при невеликій вибірці вимірів методами інтервального аналізу та класичними статистичними методами та порівняння результатів дозволяє зробити вибір на користь побудови інтервальної моделі та множини значень параметрів моделі залежності, а не точкової моделі і точкової оцінки параметрів. Причому для зручності використання інтервальної моделі підходи інтервального аналізу дозволяють зробити і точкові оцінки, які збігаються з даними експерименту.

Література:

1. Потанина Т.В. Применение методов интервального анализа для анализа безопасности АЭС / Т.В. Потанина, А.В. Ефимов, Т.А. Есипенко, Т.А. Гаркуша // Ядерна та радіаційна безпека. – ГНТЦ ЯРБ. – 2018. – № 3. – С. 23-29.
2. Romon E. Moore Introduction to interval analysis / Romon E. Moore, R. Baker Kearfott, Michael J. Could // Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia. – 2009. – 223 p.
3. Вощинин А.П. Оптимизация в условиях неопределенности / А.П. Вощинин, Г.Р. Сотиров. – Изд-во «МЭИ», 1989. – 224 с.

СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Пугачева Т.Н

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

Анализ факторов характеризующих рабочие процессы в проточной части турбины показывает, что изменением некоторых из них можно добиться увеличения срока службы. При этом изменение параметров должно ограничиваться пределами, достаточными для достижения необходимого эффекта при незначительном влиянии на экономичность и маневренность агрегата. Основные мероприятия этого плана: снижение давления и температуры пара на входе в турбину, ограниченное количество пуско-остановочных режимов, щадящие пусковые режимы, восстановление работоспособности поврежденного слоя металла в дефектных зонах.

При снижении начальных параметров пара можно достигнуть заметного снижения температурных напряжений в толстостенных деталях, в частности – ротора, а также темпов накопления поврежденности от малоциклового усталости металла и снижения вероятности повреждения из-за ползучести на стационарном режиме работы. Снижение номинальной температуры пара целесообразно выполнять одновременно с понижением давления перед тем цилиндром, где это необходимо. Снижение температуры пара на 10 – 20 °С может в 2 – 4 раза понизить скорость накопления поврежденности из-за ползучести.

Число пусков и остановов энергоблоков регламентировано инструкциями по эксплуатации. В этих режимах заметно ускоряется накопление поврежденности металла при циклических нагрузках. После исчерпания паркового ресурса и достаточно большой наработки при выявлении пониженных свойств металла, особенно если пропущены в эксплуатацию детали с трещиноподобными дефектами, целесообразно уменьшить участие турбины в регулировании нагрузки энергосистемы.

Высокие скорости набора нагрузки, связанные с требованиями повышения маневренности, сопровождаются, довольно часто, значительными превышениями температуры за котлом против ее значений в графиках – заданиях. Темп накопления поврежденности в этом случае на порядок и более превышает расчетные значения, что совершенно недопустимо для оборудования, исчерпавшего расчетный срок службы, особенно при наличии в некоторых деталях неустраняемых трещиноподобных дефектов. В этом случае скорость роста температуры свежего и вторично перегретого пара в процессе нагружения турбогенератора, как и скорость роста нагрузки не должна превышать 0,7 значений, указанных в типовых инструкциях.

Опытным путем установлено, что активным воздействием на поверхностный слой (полировка, упрочнение) можно существенно повысить сопротивляемость металла кратковременному, малоцикловому и длительному статическому разрушению.

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ В РОБОЧИХ КОЛЕСАХ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВИХ НАСОС-ТУРБІН ЗІ СПЛІТТЕРОМ

Русанов А.В., Биков Ю.А., Хорєв О.М., Агібалов Є.С.

***Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного
Національної академії наук України, м. Харків***

Сучасною тенденцією вирішення проблеми підвищення ефективності та розширення діапазону роботи гідромашин радіально-осьового типу – як гідротурбін Френсіса, так і насос-турбін, є застосування робочих коліс із додатковими проміжними лопатями меншої довжини – спліттерами. Відомо, що питання впливу геометричних параметрів робочих коліс насос-турбін із спліттером (число лопатей, відносна довжина спліттера, розташування його в каналі та ін.) вивчено недостатньо глибоко та потребує подальших досліджень.

Було виготовлено та досліджено на гідродинамічному стенді ІПМаш НАН України ряд моделей робочого колеса насос-турбіни середньої швидкохідності діаметром 350 мм із спліттерами різної довжини [1].

Чисельні дослідження виготовлених коліс проведено за допомогою програмного комплексу *IPMFlow*, розробленому у ІПМаш НАН України. Моделювання в'язкої течії нестисливої рідини виконувались на основі чисельного інтегрування рівнянь Рейнольдса з додатковим членом, що враховує штучну стисливість. Для врахування турбулентних ефектів використовувалась диференціальна двопараметрична модель *SST* Ментера. Розрахункова область містила лопатковий канал напрямного апарату та сектор робочого колеса, що включає лопать колеса та спліттер.

Чисельне дослідження проводилось для спліттерів, що мають довжину 100%, 80%, 65% та 50% відносно вихідної лопаті робочого колеса. Граничні умови відповідали режимам максимальної ефективності при різних подачах для насосного режиму та різних частотах обертання для турбінного режиму.

За результатами дослідження отримано структуру потоку та енергетичні показники всіх проточних частин в турбінному та насосному режимах.

Проведено порівняння розрахункових та експериментальних енергетичних характеристик досліджуваних робочих коліс. Отримано залежності зазначених характеристик від довжини спліттерних лопатей та їх кількості. Сформульовані пропозиції щодо використання спліттерних лопатей в робочих колесах насос-турбін для підвищення потужності, ефективності та розширення діапазону роботи гідромашини.

Література:

1. Розробка та дослідження робочого колеса зі спліттером радіально-осьової насос-турбіни / Русанов А.В., Хорєв О.М., Агібалов Є.С., Мосцевенко Ю.Б. // Тези доповідей XXV Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017, 17–19 травня 2017 р., Харків. – 2017. – Т. 1. – С. 293.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ НЕСИСТЕМНОГО УТЕПЛЕННЯ

Семененко Л.В., Ганжа А.М.

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

Значна більшість житлового фонду України збудована протягом 1946-1990рр. та являє собою багатоповерхові будівлі масових серій, які мають ряд конструктивних недоліків та не відповідають сучасним вимогам енергоефективності. На час спорудження цих будівель діяли будівельні норми та стандарти, в яких підхід до визначення необхідного термічного опору огорожувальних конструкцій поступово змінювався. А саме розраховувався виходячи з необхідного нормованого перепаду між розрахунковою температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огороження та уточнювався економічним розрахунком. Оскільки на той час вартість енергоносіїв була незначною, то важливою була економія будівельних матеріалів. Лише у 1996 році були затверджені зміни до СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника», в яких вперше були введені показники мінімально допустимих термічних опорів по видам огорожувальних конструкцій. У 2006 та 2016 рр. ці значення ще раз переглядались у сторону збільшення.

За останнє десятиліття населення стрімко почало утеплювати своє житло з ціллю підвищити внутрішню температуру повітря до комфортної (переважно в багатоповерховому житловому секторі) або ж задля економії ресурсів для опалення (приватний сектор). Через недостатню увагу органів влади у житлово-комунальному секторі, недостатню кількість наукових досліджень та широкого інформування населення, відбувається масове утеплення огорожувальних конструкцій мешканцями багатоквартирних будинків в межах власних квартир.

Дана робота присвячена дослідженню розподілення теплового потоку через ізольовані огорожувальні конструкції, та подальшому визначенню їх фактичної теплової ефективності з урахуванням несистемного нанесення на них шарів ізоляції. Об'єктом дослідження є зовнішня стіна житлової опалювальної будівлі з фрагментарним утепленням. Конструктивне виконання стіни: матеріал – керамзитобетон товщиною 0,375 м з коефіцієнтом теплопровідності 0,76 Вт/(м·К); утеплювач – плити негорючі теплоізоляційні базальтово-волокнисті товщиною 0,15 м з коефіцієнтом теплопровідності 0,053 Вт/(м·К) Склопакет типу 4M1-16-4M1, заповнений аргоном, приведений опір теплопередачі – 0,34 м²·К/Вт. Геометричні розміри огороження: висота стіни 2,6 м; довжина стіни 3,1 м; висота вікна 1,3 м, довжина вікна 1,4 м. Відстань від верхньої точки вікна до стелі 0,35 м.

На даний час виконується математичне моделювання частково утепленої стіни огорожувальної конструкції з визначенням теплового потоку шляхом розв'язання тривимірного диференціального рівняння теплопровідності з заданням граничних умов II, III та IV роду та розподілом характеристик шару будівельних конструкцій та ізоляції.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛА ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ НА УДЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ БИНАРНОГО ЦИКЛА

Сургов А.И., Кислов О.В.

Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт» им. Н. Е. Жуковского, г. Харьков

С целью повышения энергоэффективности применяются комбинированные парогазовые установки. Наибольший внутренний КПД обеспечивают комбинированные парогазовые установки бинарного цикла. Энергоэффективность зависит от параметров цикла ГТД и парового цикла.

В работе рассмотрена комбинация цикла Брайтона и цикла Ренкина с пароперегревом.

Выполнен многовариантный термогазодинамический расчёт при разных значениях параметров цикла ГТУ: степени повышения давления (π_k^*), температуры газа перед турбиной ($T_{г}^*$). Разница температур перегретого пара перед паровой турбиной и выхлопного газа принималась равной 30^0C , а давление перегретого пара выбиралось оптимальным.

Получены зависимости удельной мощности ($N_{уд}$) и внутреннего КПД (η_i) комбинированной парогазовой установки от параметров цикла ГТУ, из которых следует, что экономические значения степени повышения давления π_k^* в комбинированной парогазовой установке имеют меньшие значения, чем в ГТУ.

Это выгодно как с точки зрения проектирования ГТД для комбинированной парогазовой установки, так и с точки зрения конвертирования существующих ГТД в комбинированную парогазовую установку, поскольку обычно величина степени повышения давления π_k^* выбирается меньшей, чем величина экономической степени повышения давления $\pi_{кэк}^*$ для ГТД.

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО ПРОФІЛЮ ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Тарасенко М.О., Пересьолков О.Р., Тарасенко О.М

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

Теплове профілювання бочки валка при його тепловій підготовці є важливою складовою формування профілю валків перед заваленням його в прокатний стан. В результаті попереднього підігрівання валків істотно зменшується період несталого теплового режиму і нестійкого режиму прокатки, якій супроводжується виходом несортного листа, а також зменшується температурне напруження. Експлуатаційна стійкість підігрітих валків в 2,5 рази вище, ніж валків без підігрівання.

Для підігріву валків перспективно використання камер теплової підготовки, в яких можна також проводити мийку і охолодження перед шліфуванням.

У даній роботі розглядається можливість теплового профілювання бочки валка прокатного стану при підігріві в камері теплової підготовки за допомогою гарячої води, яка подається на поверхню плоскоструменевими форсунками. У зоні натікання крапельного потоку, а також в прилеглий до неї області, яка вкрита плівкою води, відбувається інтенсивний теплообмін. Необхідно з'ясувати, як впливає ширина зони інтенсивного теплообміну на поверхні валка, на формування його теплового профілю при попередньому підігріві. Це необхідно для видачі рекомендацій на проектування системи подачі води, тобто кількість і розташування стояків з форсунками, розміри, число і режими роботи форсунок.

Дослідження виконано методом математичного моделювання нестационарного процесу нагріву валка при граничних умовах 3 го роду. Для коректного завдання величини коефіцієнта тепловіддачі в зоні інтенсивного теплообміну проведені додаткові дослідження за допомогою α -калориметра.

Аналіз результатів розрахунку показав, що змінюючи ширину зони інтенсивного теплообміну від 0,25 до 2 м можна істотно змінювати тепловий профіль валка, отримуючи збільшення його радіусу до $0,28 \cdot 10^{-3}$ м і опуклість до $0,13 \cdot 10^{-3}$ м. Таким чином, при попередньому нагріванні валка гарячою водою, можливо домогтися щоб профіль його бочки став близький до профілю при сталому режимі роботи стану. Це дозволяє істотно скоротити період несталого режиму прокатки при пуску прокатного стану.

Застосування результатів роботи буде сприяти розробці і впровадженню камер теплової підготовки валків, а відповідно зниження браку і енерговитрат при експлуатації прокатних станів.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАБОТЫ КРУПНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Тарасенко Н.А., Угольников С.В., Тарасенко А.Н.

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

Методические печи металлургических заводов обеспечивают работу прокатных станов и являются крупными потребителями газообразного топлива. Крупные печи потребляют до 20 – 25 тыс. м³/час природного газа. Эффективность использования топлива для этих печей невысока и в среднем составляет около 30 – 35 %. Повышение эффективности работы этих печей снижает показатель удельного расхода топлива на тонну нагреваемого материала и угар самого материала. Повышение эффективности нагрева материала во многом зависит от равномерности работы печи, условий теплообмена в рабочем пространстве печи, газоплотности кладки, состояния водоохлаждаемых поверхностей, температуры подогрева воздуха и т.д.

При проектировании новых печей и реконструкции действующих, возникает существенные трудности с определением граничных условий теплообмена на поверхности материала.

Условия теплообмена на верхней и нижней поверхностях заготовок существенно отличаются. Верхняя часть материала равномерно омывается потоком продуктов сгорания, а также часть тепла получает излучением от кладки. В этом случае, величину результирующего теплового потока по зонам, можно определить по зависимостям представленных в работах Н. Ю. Тайц, Ю. И. Розенгарт. Однако эти зависимости предложены для условий равенства рабочей температуры по объему сварочной и томильной зон, а также линейному изменению температуры в методической зоне. В действующих печах эти условия не соблюдаются, особенно при нагреве крупнотоннажных заготовок.

Нижняя часть заготовки, при ее двухстороннем нагреве, более чем на 20 % поверхности закрыта изолированными глиссажными и опорными трубами. В местах контакта с глиссажными трубами идет отток тепла от заготовок к трубе, что существенно искажает температурное поле заготовки в зоне контакта. Поскольку методические печи работают под разрежением присосы холодного воздуха снижают периферийную температуру в печи, особенно в нижней части.

Обрабатывая экспериментальные данные нагрева крупнотоннажной заготовки длиной 10 м и толщиной 250 мм было получено распределение температуры по толщине и длине заготовки. Решая обратную задачу теплопроводности были получены средние значения коэффициентов теплоотдачи на верхней и нижней поверхностях нагрева, в зависимости от времени нахождения заготовки в печи. Полученные данные позволят оптимизировать процесс нагрева заготовок в методических печах, влияя на факторы определяющие условия теплообмена в каждой зоне.

РОЗРОБКА ТИПОВОГО СТУПЕНЯ ЦИЛІНДРУ ВИСОКОГО ТИСКУ ПАРОВОЇ ТУРБІНИ

Усатий О.П., Авдєєва О.П., Вшивцев М.К., Бorigін Д.В.

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

Технічний прогрес в енергетиці на сучасному етапі розвитку призводить до того, що моральне старіння устаткування, що діє, випереджає фізичне його старіння. Крім цього, суттєво змінилися сучасні вимоги до експлуатації турбін, особливо щодо їх маневреності.

Складальні одиниці і деталі турбін, що підлягають заміні, проектувалися ще 25-30 років тому і їх конструкції не відповідають сучасним вимогам як експлуатації, так і виробництва. Для зниження собівартості та підвищення конкурентоспроможності нових зразків турбін та тих турбін, що модернізуються, формування їх конструкцій повинно опиратися на використання уніфікованих складальних одиниць з оптимальними параметрами ефективності та з забезпеченням можливості їх експлуатації як в чисто конденсаційному, так і в теплофікаційних режимах.

Метою роботи є розробка уніфікованого відсіку високого тиску турбіни конденсаційного типу К-310-23,5-3, що включає в себе наступні етапи:

- тепловий розрахунок уніфікованого відсіку циліндру високого тиску (ЦВТ) заводського варіанту;
- оптимізація уніфікованого відсіку ЦВТ;
- розробка та розрахунок базового уніфікованого профілю робочої лопатки;
- створення плану експерименту;
- проектування і розрахунок міжлопаточного каналу 4-го ступеня в ANSYS CFX і вибір оптимального профілю на найменше значення профільних втрат, згідно з планом експерименту.

В результаті оптимізації проточної частини першого відсіку ЦВТ потужної парової турбіни було досягнуто підвищення його ефективності на 0,56 % до 83,19 % та потужності на 0,57 МВт до 71,74 МВт та був обраний та розрахований оптимальний профіль уніфікованого ступеня.

Література:

1. Усатий О.П. Оптимізація ЦВТ потужних парових турбін: дисс. ... канд. техн. наук / О.П. Усатий. – Харків: Політехнічний інститут ім. В.І. Леніна, 1988. – 187 с.
2. Craig H.R.M., Cox H.J.A. Performance Estimation of Axial Flow Turbines // The Sust. Of Mech. Eng/Proc. – 1970/71, – 32/71. – P. 407–424.
3. Аеродинамічний розрахунок і оптимальне проектування проточної частини турбомашин: монографія / [А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко и др.]. – Харків: Видавничий центр НТУ "ХПІ", 2002. – 356 с.
4. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем / Норенков И.П. – М.: Высшая школа, 1980. – 311 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УЗЛОВ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Фесенко К.В., Дощечкин С.В.

Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт» им. Н. Е. Жуковского, г. Харьков

Создание современных газотурбинных двигателей (ГТД), их совершенствование и модернизация в течение жизненного цикла относятся к числу актуальных научно-технических проблем. Для решения этих задач широко используются численные методы различного уровня сложности.

В последнее время для исследования течения в ГТД приобрели популярность методы вычислительной газовой динамики. Они базируются на численном решении системы уравнений Навье-Стокса, описывающей вязкое течение с минимальными допущениями. Как демонстрируют многочисленные публикации, данные подходы позволяют получить результаты, близкие к экспериментальным. При этом сроки и затраты на расчет несопоставимо ниже, чем в случае проведения экспериментальных исследований. В итоге количество экспериментов, необходимое для проектирования и доводки, снижается, что очень положительно сказывается на длительности и стоимости разработки изделия.

В данной работе приведены результаты численного исследования рабочего процесса в ступени осевой турбины ГТД в программном комплексе ANSYS CFX на основе твердотельных моделей лопаток соплового аппарата и рабочего колеса, полученных в программе Siemens NX.

Представлена созданная твердотельная модель исследуемого объекта и расчётная область со структурной сеткой. Приведена оценка качества построенной сетки. В качестве граничных условий для исследования течения газа в ступени турбины выбрана пара «массовый расход на входе плюс статическое давление на выходе».

В результате численного эксперимента получены значения термогазодинамических параметров потока в каждой ячейке расчётной сетки. Исследовано изменение осевого зазора между РК и СА в 6 раз. Для определения интегральных величин проведено осреднение по массовому расходу.

Проведено сравнение степени понижения давления в ступени турбины в зависимости от величины осевого зазора и количества ячеек сетки. Увеличение осевого зазора положительно влияет на степень понижения давления турбины π_T^* , следовательно, и на рост КПД турбины, что объясняется выравниванием полей параметров потока перед рабочим колесом. Изменение количества ячеек сетки в 4 раза наглядно продемонстрировало сходимость численного решения, т.е. увеличение точности самого численного эксперимента.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДИФFUЗОРА НА ПАРАМЕТРЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ

Фесенко К.В., Подгорная А.Р.

Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт» им. Н. Е. Жуковского, г. Харьков

Одним из важнейших узлов газотранспортных магистралей является компрессорная станция (КС). Ее назначение – поддерживать давление газа в трубопроводе на заданном уровне. Эти функции на КС выполняют газоперекачивающие агрегаты, центральным компонентом которых является центробежный нагнетатель природного газа (ЦБН). В этом узле природный газ дожимается до требуемого давления и поступает в газопровод для дальнейшей его транспортировки.

Основными эксплуатационными параметрами ЦБН являются объемная производительность, отношение давлений на входе и выходе из ЦБН, коэффициент полезного действия и потребляемая мощность. Все эти параметры зависят не только от частоты вращения ротора и начальных параметров сжимаемого газа перед входом во всасывающий патрубок, физических и химических свойств газа, но и от конструктивной компоновки ЦБН. В данной работе рассмотрено влияние типа используемого диффузора на основные параметры нагнетателя.

Проведено проектирование проточной части ступени ЦБН с лопаточным (ЛД) и безлопаточным (БЛД) диффузорами, а также поверочный расчет спроектированного ЦБН. Расчеты проведены с использованием программных продуктов, разработанных в Проблемной научно-исследовательской лаборатории газотурбинных двигателей и установок кафедры Теории авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». Используемый программный комплекс предназначен для проектирования и исследования газодинамических параметров центробежных нагнетателей, работающих на природном газе.

По результатам проектировочного расчета получены геометрические параметры ступени ЦБН с двумя вариантами диффузоров, а также геометрия профилей рабочего колеса и лопаточного диффузора. Далее определены суммарные характеристики ступени ЦБН с ЛД и БЛД в виде зависимостей коэффициента политропического напора, политропического КПД и потребляемой мощности от коэффициента расхода.

При применении ступени ЦБН с лопаточным диффузором получен более высокий уровень значений коэффициента политропического расхода и политропического КПД на расчетном режиме, чем для ступени с БЛД. Отмечено, что наибольшей «приспособляемостью» к переменному режиму работы обладает ступень нагнетателя с БЛД; который обеспечивает наиболее пологие характеристики ЦБН, но имеет более низкий уровень КПД на расчетном режиме, чем у ЦБН с лопаточным диффузором. При работе центробежного нагнетателя вблизи расчетной точки (точки максимального КПД), то применение ступеней с ЛД является предпочтительным, так как КПД и напор оказываются выше.

РОЗРОБКА ВОДНЕВОЇ СИСТЕМИ РЕЗЕРВУВАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ МЕТАЛОГІДРИДНИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ

Чорна Н.А.

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного
НАН України, м. Харків*

Для підвищення ефективності використання традиційних джерел електроенергії, згладжування нерівномірного графіка виробництва енергії сонячних та вітрових електрогенераторів, згладжування добового графіка навантаження в побутових і промислових електромережах, забезпечення надійним резервним енергопостачанням відповідальних споживачів, зниження екологічного навантаження на природу необхідні високоефективні засоби акумулювання й виробництва енергії.

Об'єктом дослідження є водневі системи резервування і акумулювання енергії на основі металогідридних систем зберігання водню.

Основною метою є розробка нових технічних рішень, що забезпечують підвищення надійності електроживлення телекомунікаційного обладнання та зниження екологічного навантаження на оточуюче середовище за рахунок застосування водневих технологій акумулювання енергії.

Для створення водневої системи резервування енергії необхідно інтегрувати металогідридні акумулятори водню багаторазової дії з водневоповітряним низькотемпературним паливним елементом. Для водневого акумулювання енергії необхідно до такої системи додати електролізний генератор водню, який при надлишку електроенергії виробляє водень, що зберігається в металогідридному акумуляторі, а при недостатці електроенергії водень з металогідридного акумулятора надходить в паливний елемент і окислюється, утворюючи електричну енергію. Для компактного і безпечного зберігання водню - енергоносія - найбільш перспективними бачаться металогідридні системи зберігання водню.

Ефективність металогідридних систем забезпечена високою питомою енергоемністю, що перевищує питому масову й об'ємну енергоемність традиційних акумуляторів, простотою в конструкції та обслуговуванні, безпекою й передбачуваністю, відповідністю існуючим технічним регламентам без необхідності додаткового оформлення споживачем відповідної категорії по безпеці (на відміну від роботи з балонами високого тиску), повною відсутністю саморозряду.

Саме водневі системи резервування і акумулювання енергії на основі металогідридних систем зберігання водню є реальним конкурентом аналогічних систем електропостачання з підключенням до звичайних енергомереж.

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОАУДИТА

Чорна Н.А.

***Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного
НАН України, м. Харків***

На сьогоднішній день енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності ставляться до числа вищих пріоритетів державної енергетичної політики. Це пов'язане з тим, що десятиріччя неефективного використання енергоресурсів створили величезний невикористаний потенціал енергозбереження, що є одним з найважливіших напрямків державної економічної політики, а також невід'ємним фактором рішення екологічних проблем. 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 енергоаудиту є проведення енергетичних обстежень підприємств, розробка й застосування методів підвищення рівня енергоефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і зниження витрат на енергозабезпечення.

В теперешній час при розробці енергозберігаючих заходів основну увагу приділяють розвитку технологій використання нетрадиційних джерел енергії. Серед альтернативних джерел енергії при сучасному рівні знань особливо перспективним представляється водень. Використання металогідридів відкриває перспективи створення нових тепловикористовувальних пристроїв енергетичного й технологічного призначення. Такі пристрої дозволяють виконувати операції прийому водню, його тривалого безпечного зберігання, очищення, видачі споживачеві із заданим тиском і витратою й т.п.

Найважливішим фактором, який обумовлює ефективність установки, є вибір оптимальних режимів роботи основних функціональних елементів металогідридної системи. У зв'язку з цим необхідна розробка методики з визначення основних технічних характеристик металогідридних установок ще на етапі створення та дослідження їх параметричних характеристик з метою ефективності роботи цих систем.

У результаті узагальнення інформації в ІПМаш НАН України розроблена методика термосорбційної взаємодії металогідриду з воднем, яка у порівнянні з існуючими, дозволяє з більшою точністю здійснити вибір гідридоутворюючого матеріалу з необхідними характеристиками; визначити геометрію та структуру металогідридного елементу, включно з розташуванням теплообмінних поверхонь; розробити рекомендації щодо підвищення ефективності методів інтенсифікації термосорбційного процесу та оптимізувати параметри конструкції відповідно до заданих характеристик. Це дозволить створити зразки металогідридної техніки, що забезпечать перехід на якісно новий рівень технологій зберігання та переробки водню.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СХЕМ ГАЗОТУРБИНЫХ ПРИВОДОВ

Шляхова М.А.

*Национальный аэрокосмический университет
«Харьковский авиационный институт», г. Харьков*

Рассмотрен вопрос оценки эффективности применения перспективных схем газотурбинных приводов (ГТП) в составе энергетических установок.

Развитие материаловедения и технологии производства ГТП, постепенное совершенствование систем охлаждения лопаток турбин позволили существенно повысить допустимые значения температуры газов перед турбиной T_g^* . Тенденция к повышению T_g^* в газотурбинных установках объясняется, прежде всего, тем, что это дает возможность существенно повысить удельную мощность, а значит и уменьшение габаритных размеров двигателя и его массы. При этом снижается и удельный расход топлива. Для обеспечения минимума удельного расхода топлива увеличение T_g^* должно сопровождаться повышением степени повышения давления компрессора π_k^* [1]. Для перспективных ГТП с $T_g^*=1700...1800\text{K}$ значения экономической степени повышения давления компрессора составляют величину $\pi_{к.э.к}^*=35...45$, что требует применения высоконапорных компрессоров. Чем выше расчетная степень повышения давления компрессора $\pi_{к.р}^*$, тем сильнее рассогласование ступеней компрессора при отклонении от расчетного режима, что приводит к уменьшению запаса устойчивости компрессора и помпажу двигателя. С целью повышения запаса устойчивости компрессора современные компрессоры выполняются многовальными. Однако при $\pi_{к.р}^*=35...45$ этого может оказаться недостаточно для обеспечения устойчивой работы компрессора. В многовальном компрессоре потеря устойчивости обычно происходит при пониженной напорности компрессора из-за повышенных углов натекания в первых ступенях (в компрессоре низкого давления).

С другой стороны, известно, что применение двухконтурной схемы ГТД повышает запас устойчивости компрессора низкого давления. Поэтому в качестве перспективной схемы ГТП со свободной турбиной рассматривается двухконтурная схема с разделением потока за компрессором низкого давления. Оба потока направляются в свободную турбину.

Проведено расчетное сравнительное исследование характеристик ГТП одноконтурной и двухконтурной схем со степенями двухконтурности 0,2 и 0,7. Получено, что двухконтурная схема имеет меньшую удельную мощность и внутренний КПД, однако запас устойчивости компрессора низкого давления возрастает. Причем преимущество и недостатки двухконтурной схемы ГТП возрастают при увеличении степени двухконтурности. Вопрос остается актуальным для дальнейшего изучения с целью обоснования компромиссной степени двухконтурности.

Литература:

1. Теория авиационных газотурбинных двигателей В 2 ч. / Ю.Н. Нечаев, Р.М. Федоров. - Москва : Машиностроение, 1978. - 169 с

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕЛЬЦ-ПРОЦЕСУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПЕТЛЕВОГО ПОВІТРОНАГРІВАЧА

Юрко В.В., Ганжа А.М.

*ДП «Український науково-технічний центр металургійної промисловості
«ЕНЕРГОСТАЛЬ»,*

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

Вельц-процес є одним з найпрогресивніших шляхів переробки металовмісних відходів металургійного виробництва. Він здійснюється в обертовій трубчастій печі з температурою, при якій метал, що вилучається, сублимується.

Є ряд розроблених технологій і патентів, які передбачають вилучення із шламів кольорових металів. Зокрема відомі патенти Росії RU 2280087, США (19) (11) 6083295, Європи (19) (11) EP 0972849A1 та ін. Ці патенти містять ряд недоліків, зокрема – в утилізації димових газів. Крім того, у більшості відомих способів відсутня утилізація шкідливих газо- і пилоподібних відходів, що утворюються в процесі переробки шламів. У результаті чого димові гази і залишковий вельц-окис викидаються в атмосферу.

ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» розроблена технологія, яка усуває недоліки раніше розроблених вельц-процесів. Патентом «Комплекс переробки сировини, що містить сполуки цинку та свинцю» передбачається витяг оксидів цинку і свинцю з гранульованих шламів (окатишів) пірометалургійним методом шляхом їх термічного відновлення у вельц-печі. Для утилізації тепла запиленних димових газів використовується оригінальна конструкція повітронагрівача з петлями із труб, які вільно висять, дозволяючи проводити струс для очищення від пилу.

Проведено техніко-економічне обґрунтування проекту модернізації з урахуванням коефіцієнтів дисконтування, де середній прибуток від економії природного газу склав 46,7 млн.грн./рік.

Екологічна політика і зменшення забруднення навколишнього середовища є важливою складовою стратегії розвитку України в особі групи НАК "Нафтогаз України. Україна підтримує концепцію чистого світу для майбутніх поколінь і постійно нарощує інвестиції в охорону навколишнього середовища, скорочення викидів вуглекислого газу та профілактику техногенних ризиків. Тісна співпраця з Європейськими партнерами дозволяє координувати зусилля та посилювати ефективність роботи.

НАК "Нафтогаз України", Міністерство екології та природних ресурсів і Європейський банк реконструкції і розвитку (ЄБРР) 12 листопада 2018 року підписали меморандум про співпрацю в сфері скорочення в газовому секторі метанових викидів.

Зроблено розрахунок економічної ефективності проекту з врахуванням продажу квот на викиди CO₂, де загальна кількість отриманих квот від зменшення викидів CO₂ склала 219,2 млн.грн./рік.

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНЫХ ДАННЫХ ПО ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Ярошенко Т.И.

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

Интенсивное развитие различных областей техники, связанных с процессами теплообмена, делает актуальной задачу создания корректных методов расчета теплофизических свойств используемых рабочих веществ, в частности газовых смесей, которые находят все возрастающее практическое применение. Обзор существующих теоретических концепций по теплопроводности газовых смесей показал, что наиболее широко на практике применяется теория Васильевой, несмотря на ее приближенность, в силу простоты расчетных соотношений. Эти соотношения не содержат вклада диффузионного термоэффекта в теплопроводность смеси и хорошо описывают процесс контактного теплообмена при высоких температурах в условиях отсутствия потоков массы компонентов смеси. Последнее возможно в смесях, молекулы которых практически не различаются по массе. Эти ограничения существенно сужают область надежного применения данной эвристической теории.

Элементарная молекулярно-кинетическая теория переноса тепла показывает, что процесс распространения теплоты в газовых смесях происходит не только за счет теплопроводности чистых компонент, но также и за счет диффузионного термоэффекта, что подтверждается строгой молекулярно-кинетической теорией газов. Расчеты показали, что элементарная теория дает сильно завышенные значения коэффициента теплопроводности по сравнению с экспериментальными данными и расчетами по строгой молекулярно-кинетической теории. Однако расчеты по формулам, учитывающим вклад диффузионного термоэффекта и других перекрестных эффектов в суммарный теплоперенос, достаточно сложны и трудно применимы в инженерной практике.

Наиболее перспективным решением проблемы может быть обработка экспериментальных данных по теплопроводности газовых смесей в терминах теории соответственных состояний в широком диапазоне температур и концентраций компонент. Как показали расчеты бинарных смесей инертных газов, это дает возможность предсказывать значения коэффициента теплопроводности с погрешностью порядка 5%. Полученные результаты могут быть использованы для различных технических приложений (в частности, в электроламповом производстве для целей определения оптимальных режимов работы продукции).

СЕКЦІЯ 6. НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ В ГАЛУЗІ ТРИВИМІРНОЇ ГРАФІКИ

Акулов О.С., Матюшенко М.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Актуальність даної теми є в тому, що сучасний світ дуже швидко розвивається. Сучасна комп'ютерна графіка вимагає все більшого детального вивчення і реалізації у світі, яке позначається на поліпшенні життя звичайних людей. Тривимірна графіка - це процес створення 3D-моделей з використанням розроблених спеціальних програм. Даний тип комп'ютерної графіки містить безліч векторної і растрової графіки. На основі різних креслень, малюнків, докладних описів або іншої графічної чи текстової інформації 3D-дизайнери створюють тривимірні зображення. Тривимірне зображення має відміну від площини, побудоване геометричній проекції тривимірної сцени на моніторі комп'ютера з використанням спеціалізованої програми. У той же час тривимірна модель може бути аналогічною об'єктам з реального світу (транспортні засоби, будівлі, природні об'єкти, космічні тіла) або абсолютно абстрактним (чотирирівні фрактальні проекції). Ця графіка стає все більш популярною серед людей, що використовують комп'ютери для свого спілкування і безпосереднього розвитку. Розуміння основ комп'ютерної графіки і вміння використовувати її на найпростішому рівні в повсякденному житті стає необхідною умовою для грамотності і розвитку в сучасній людській культурі. Велика частина напрямків у комп'ютерній графіці має тільки позитивні риси, які важливі для будь-якої сучасної людини.

Основні напрямки використання тривимірної графіки:

- 1) Комп'ютерні ігри.
- 2) Навчання. Тривимірне електронне навчання.
- 3) Візуалізація робочих результатів.
- 4) Мистецтво.
- 5) Бізнес.
- 6) Наука.
- 7) Моделювання процесів.
- 8) Захоплення руху.

Дана тема має право на існування, так як кожна людина постійно стикається у своєму житті з тривимірною графікою. Будь-який напрямок в даній галузі залишає за собою позитивні характеристики для людини. І чим більше тривимірна графіка буде розвинена, тим більше користі вона буде приносити для всього суспільства в світі.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕНТОНИТОВ НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО МАГНЕЗИТА В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Анисимова А.М., Пономаренко О.И.

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

В промышленности стали широко применяться бентониты на основе каустического магнезита (MgO), где отвердителем выступает бишофит ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), а наполнителем кварцевый песок.

Из раствора бишофита можно получить окись магния высокой чистоты, до 99%, а из первосортного магнезита — лишь 92—94%. Магнезиальные огнеупоры широко применяются для футеровки в мартеновских печах и конверторах, в печах для выплавки цветных металлов, а также в цементной и стекольной промышленности. Каустический магнезит придает бетонам высокой прочности, а бишофит обеспечивает их огнеупорностью.

В последнее время начали использовать каустический магнезит в литейном производстве для получения формовочных смесей при изготовлении отливок из стали, чугуна и цветных металлов. Для приготовления смесей используется следующий состав: 80% кварцевого песка, 10% бишофита и 10% каустического магнезита. Способ может быть отнесен к холодно-твердеющему способу получения форм. Смеси такого состава позволяют получать отливки высокого качества.

Литература:

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат. 1986. - 464 с.
2. <https://natural-museum.ru/mineral/бишофит-применение>

ОСОБЕННОСТИ ДЕГРАДАЦИИ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Барташ С. Н.

Харьковский машиностроительный колледж, г. Харьков

Надежность остаточного ресурса сварных соединений паропроводов энергетического оборудования ТЭС определяется уровнем деградации их металла. Базовыми сталями для указанного оборудования являются теплоустойчивые стали 12Х1МФ и 15Х1М1Ф.

Деградация металла паропроводов при длительной эксплуатации в условиях ползучести и малоциклового усталости обусловлена физико-химическими процессами, диффузией, карбидными реакциями, коагуляцией карбидных фаз, а также деформационными процессами. Деградация металла вызывает его повреждаемость, происходящую по двум взаимосвязанным механизмам, образованием микропор ползучести и микротрещин усталости.

Установлено особенности деградации металла сварных соединений, которая происходит с большей скоростью, чем деградация основного металла: карбидные реакции $M_3C \rightarrow M_7C_3 \rightarrow M_{23}C_6 \rightarrow M_6C$ с большей интенсивностью происходят по границам зерен α -фазы, чем по их телу; коагулируют по границам зерен α -фазы преимущественно карбиды $M_{23}C_6$; карбидная реакция $M_{23}C_6 \rightarrow M_6C$ является замедленной, что подтверждается малым (5 – 7 %) количеством M_6C в составе карбидных выделений I гр. (наработка сварных соединений 276000 ч); интенсивность фрагментации зерен α -фазы зависит от их обеднения хромом и молибденом; большей фрагментации подвержены центральные участки зерен α -фазы, чем те, которые примыкают к их границам.

Интенсивность физико-химических и деформационных процессов, проходящих в металле сварных соединений паропроводов, зависит от двух взаимосвязанных факторов – исходного состояния металла и температурно-силовых условий эксплуатации. При длительной эксплуатации сварных соединений повреждаемость по участку перегрева зоны термического влияния заметно возрастает. В процессе сварки металл участка перегрева нагревается в области температур $T_s - 1150^\circ\text{C}$ (примерно). Его ширина составляет около 1,2 – 2,8 мм. В структуре участка перегрева могут локально образовываться как крупные (3 – 5 балл ГОСТ 5639-82) ферритные зерна так и видманшеттов феррит.

Находит подтверждение, что выделения компактных полиэдрических зерен Fe_α происходит преимущественно по границам зерен γ -фазы, а видманшеттовых пластин внутри зерен γ -фазы. Формированию видманшеттового феррита способствует и длительное пребывание металла участка перегрева в области температур $T_s - 1150^\circ\text{C}$. Видманшеттов феррит образуется в интервале от A_{C3} минус $60-80^\circ\text{C}$ до $610 - 560^\circ\text{C}$. Подтверждается, что его формирование происходит в условиях, когда скорость охлаждения более высокая, чем скорость формирования феррита с упорядоченной второй фазой, однако меньше скорости формирования игольчатого феррита.

RESEARCH OF THE EFFECT OF DIFFERENT HARDWARE ON PROPERTIES OF COLD-HARDENING MIXTURES

Berlizeva T., Ponomarenko O.

National Technical University

"Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov

Currently, the technology for casting using cold-hardening mixtures (CHM) based on liquid glass is used at many enterprises in Ukraine. This is explained by the fact that mixtures on liquid glass quickly harden, and the production of CHM based on them leads to improved working conditions in existing foundries, they do not worsen the environmental situation, and also allows improving the quality of castings by reducing surface defects.

Improving the quality of castings, cost-effectiveness and efficiency of their production largely depends on the composition and properties of the molding mixtures at different stages of their preparation and use.

The molding mixture is a multicomponent heterogeneous system, which, in addition to the filler and binder, contains various technological additives that give the mixtures specific properties, for example, increased flowability, knock-on, non-stickiness, etc.

The main criterion for the selection of mixtures are their properties, which correspond to the chosen technological process of preparing molds and cores.

One of the progressive methods is the process of manufacturing rods and molds on liquid glass (LG), and the technology for their preparation is used in many enterprises. This is due to the fact that liquid glass is an affordable, inexpensive and non-toxic binder. Using as a binder LG for the manufacture of molding and core mixtures allows you to get more durable forms, reduce the metal intensity of castings due to more thin-walled products and improve the quality of castings.

In the 70s of the last century, a promising method of curing cold-hardening mixtures based on liquid glass (LG) using liquid esters was developed.

The use of nontoxic liquid hardeners for CHM allowed it to more fully utilize the properties of liquid glass, reduce its consumption to 2,5 ... 4% and thereby dramatically improve the knockability of forms and rods. The consumption of liquid hardener is very small at the same time - 10 ... 12% of the mass of liquid glass.

In the production for these purposes most often used two ethers - triacetin and propylene carbonate. However, the production of castings is currently hampered by the lack of technical esters in Ukraine.

Therefore, the development of new liquid hardeners for CHM, which would improve the embossability of the molds and cores, made it possible to abandon the CO₂-process and thereby simplify the process is an important task for the foundry industry.

РЕБРЕДИНГ ФІРМОВОГО СТИЛЮ МЕБЛЕВОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ 3D МОДЕЛЕЙ

Будник Д.О., Глібко О. А.

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

Сучасний ринок товарів і послуг є висококонкурентним, тож підприємства-виробники мають відповідати вимогам споживачів щодо якості продукту, зручності його використання, сервісу, тому власники брендів значну увагу приділяють іміджу бренду, який формується завдяки медійним комунікаціям в уяві цільової аудиторії. Образ бренду складається із багатьох складових, найважливішою з яких є візуальна.

Для досягнення поставленої мети, зайняття меблевим підприємством «Kredens» міцного положення на ринку, а також поширення інформації про послуги, які вона надає, вирішувались такі завдання: ребрендинг фірмового стилю компанії, розробка Web-сайту та зразків зовнішньої реклами.

При створенні нової фірмової символіки були враховані недоліки існуючої та сучасні тенденції дизайну. Фірмовий блок складається зі стилізованого зображення дивану (як найбільш впізнаваного та поширеного меблевого виробу) та логотипу, виконаного латиницею обраним сучасним фірмовим шрифтом Fira Sans. (рис.1).

В ході впровадження ребрендингу постала задача виконати вивіску на фасад будівлі. Було прийняте рішення зробити вивіску у вигляді щойно створеного об'ємного логотипа підприємства.

Візуалізація запропонованого варіанту реалізована за допомогою пакетів тривимірного моделювання. За підсумками роботи був обраний оптимальний варіант розміщення вивіски компанії (рис.2).



Рисунок 1 – Розроблений фірмовий блок



Рисунок 2 – Розміщення вивіски на фасаді головної будівлі

Таким чином, в результаті виконання роботи був впроваджений ребрендинг фірмового стилю для меблевого підприємства «Kredens». А впровадження розробок призведе до привабливості бренду, зберігаючи при цьому елементи впізнаваності.

ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ ЮВЕЛІРНОГО ШТИХЕЛЯ

Волков О.О.

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

Виробничі процеси промисловості в значній мірі залежать від удосконалювання і створення нових видів різального матеріалу і правильного його використання. Застосування в промисловості важкооброблюваних матеріалів і постійне зростання продуктивності праці вимагає створення нових методів обробки і нових металоріжучих інструментів з більш ефективних інструментальних матеріалів.

Продуктивність інструмента в значній мірі залежить від його здатності зберігати визначений час різальні властивості. Ріжучі властивості погіршуються не тільки під впливом високої температури, що може викликати зниження твердості інструмента, але і під дією абразивно-механічне зношування різальної кромки і поверхні інструмента.

Тому, актуальним нині питанням, яке потребує детального вивчення - є зміцнення робочої частини ювелірного штихеля.

Для виконання поставленої задачі був проведений комплекс металографічних, механічних та аналітичних досліджень зразків у вихідному стані після загартування та низькотемпературного відпуску: зразки типу «штихель» були виготовлені у вигляді пластин, проводилась їх попередня термічна обробка; поверхнєве зміцнення робочої частини шляхом ТФО. Після цього проводився металографічний аналіз зразків; вимірювання мікротвердості та глибини шару зі зміненою структурою, аналіз впливу ТФО на зміни структури та властивостей сталі по перерізу зразків на підставі отриманих результатів, а також – виявлення ступеню зміцнення.

Таким чином, в процесі дослідження визначене розподілення мікротвердості та вивчені мікроструктури по перерізу зразків-штихелів із сталі 65Г, з яких видно, що після термофрикційної обробки в поверхні зразків, формується шар зі структурою, що зміцнена. Твердість цього шару суттєво вища за твердість основної частини штихеля. Проведено випробування натурних зразків-штихелів в стандартних умовах експлуатації на підприємстві ювелірної галузі. Ці випробування показали, що термофрикційна обробка досить ефективно підвищує зносостійкість (до 3 разів), а відтак і ресурс ювелірного інструменту.

Так, удосконалений та використаний технологічний комплекс обробки ювелірного інструменту типу «штихель» є економічно обґрунтованим, та може бути запропонований, як ефективний спосіб зміцнення подібного інструменту.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕЙ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ВУГЛЕЦЮ МЕТОДОМ ТФО

Волков О.О., Погрібний М.А.

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

Важливим завданням для промисловості в наш час є впровадження нових прогресивних методів обробки, які дозволяли б підвищувати характеристики міцності конструкційних та інструментальних матеріалів за рахунок покращення структури та властивостей їх поверхонь. Проблема створення в матеріалах «поверхневих білих шарів» з підвищеною твердістю є актуальною вже на протязі декількох десятиріч, однак навіть у наш час не вивчена до кінця. У цьому зв'язку доцільним є застосування термофрикційної обробки (ТФО), як методу поверхневого зміцнення (ТФЗ). Для аналізу впливу вмісту вуглецю в сталях на їх структурний стан та властивості при ТФЗ були обрані сталі марок 20, 45, У7, У12 у вихідному стані після загартування та низькотемпературного відпуску. Вони охоплюють основний діапазон щодо вмісту вуглецю в сталях, які використовуються як для деталей машин так і для інструменту. Актуальність цього дослідження викликана необхідністю визначення найбільш оптимального вмісту вуглецю в сталі з точки зору ефективності її ТФЗ. Так, аналіз мікроструктур та даних вимірювань мікротвердості після попередньої термічної обробки та ТФЗ за найбільш ефективним режимом показав наявність суттєвих змін в поверхні даних сталей. У розглянутих зразках виявлено структуру «білих» шарів з підвищеною твердістю. Результати представлені в табл. 1

Таблиця 1 – Вплив ТФЗ на властивості сталей

Марка сталей	Схема обробки	Глибина зміцнення, мкм	Твердість зміцненого шару, МПа	Твердість основного металу, МПа
20	Загартування + низькотемпературний відпуск + ТФЗ	200	9000	3500
45		370	12500	5000
У7		550	16000	6000
У12		450	11500	6800

Найбільш результативною з точки зору мікротвердості та глибини «білого» шару, що отриманий при ТФЗ є сталь У7. Це пояснюється кращою схильністю до гартування у стандартних умовах, тобто достатньо високий вміст вуглецю забезпечує інтенсивне зміцнення поверхневого шару. Подальше підвищення вмісту вуглецю, (сталь У12) призводить до появи значної кількості структури залишкового аустеніту, що негативно впливає на характеристики міцності сталей з високою концентрацією вуглецю. А суттєво нижча твердість поверхні сталі 20 після ТФЗ, пояснюється недостатньою кількістю вуглецю, яка не дозволяє отримати велику твердість в процесі зміцнення.

АНАЛІЗ І ВИБІР ІНДУКЦІЙНОЇ ПЛАВИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЛАВКИ СПЛАВУ

Волощук К.В., Островерхова К.В., Костик К.О.

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

Литі деталі використовуються у всіх галузях машинобудівного комплексу, тому від їх якості багато в чому залежать експлуатаційні характеристики машин і механізмів. Литтям отримують найрізноманітніші по конфігурації, розмірами і масі виливки з різних металів і сплавів.

Електротермічні установки є однією з найбільш поширених груп і знаходять застосування в різних галузях промисловості, сільському господарстві, медицині, харчовій промисловості і побуті.

Електротермічне обладнання призначене для технологічного процесу теплової обробки з використанням електроенергії в якості основного енергоносія. Серед електротермічного устаткування важливе місце займає група індукційного електротермічного обладнання, а саме індукційні плавильні установки, в яких нагрівається метал або сплав і доводиться до температур плавлення, при яких матеріал змінює свій агрегатний стан в процесі нагріву.

Метою роботи є розгляд можливих варіантів застосування і вибору найбільш оптимальної та економічної індукційної плавильної установки для запропонованого сплаву.

Для цього в роботі дана характеристика найбільш поширених індукційних установок. Показано, що великим класом індукційних пристроїв є плавильні печі, які діляться на: індукційні каналні печі; індукційні тигельні печі; вакуумні індукційні печі; індукційні печі з холодним тиглем; пристрої для плавки в електромагнітному тиглі; пристрої для зонної плавки; пристрої для вирощування монокристалів; пристрої для гарнисажної плавки; пристрою для струминної плавки; індукційні печі безперервної дії.

В ході роботи були відзначені позитивні якості індукційних тигельних печей, найважливіші з яких представляють можливість отримання досить чистих металів і сплавів точно заданого складу, стабільність властивостей одержуваного металу, малий угар металу і легувальних елементів, висока продуктивність, що досягається завдяки високим значенням питомої потужності, особливо на середніх частотах. При застосуванні індукційних тигельних печей є можливість повної автоматизації, хороші умови праці обслуговуючого персоналу, мала ступінь забруднення навколишнього середовища.

Таким чином, в результаті аналізу індукційного електротермічного обладнання в роботі були визначені найбільш значущі переваги і недоліки індукційних плавильних печей і, як наслідок, обрана і запропонована індукційна тигельна піч як плавильний пристрій для плавки запропонованого сплаву.

ЗАСТОСУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ В МЕДИЦИНІ

Гадченко В.Ю., Маршуба В.П.

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

Досить широке застосування в медицині знайшло височастотне зварювання і різання в хірургії. Воно застосовується для розтину і зварювання тканин і зупинки або попередження кровотеч при розрізанні тканин і судин.

Вирішенням проблеми з'єднання розрізаних м'яких тканин займався Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. При цьому основними вимогами до зварювання і різання було забезпечення можливості з'єднання розрізу живої тканини без застосування шовного матеріалу, дужок, зшивачів, а також можливості відновлення фізіологічних функцій зварюваної тканини і збереження життєдіяльності пошкодженого органу.

У 1993 році з ініціативи академіка Б.Є. Патона співробітниками інституту електрозварювання були проведені експерименти, які підтвердили принципову можливість отримання зварного з'єднання самих різних м'яких тканин тварин способом біполярної коагуляції.

Був створений міжнародний колектив з розробки проекту "Зварювання та різання м'яких живих тканин". У 1998 р в Україні починаються дослідження зі зварювання і різання тканин видалених органів людини. Щоб зберегти фізіологічні властивості тканини, експерименти проводилися безпосередньо після видалення органів у клінічних умовах. Дія способу утворення зварного з'єднання базується на ефекті електротермічною денатурації білкових молекул. Щоб відновлення фізіологічної функції зруйнованого органу протікало швидко і не тягло за собою ускладнень, теплове вкладення при зварюванні і різанні має бути мінімальним, але достатнім для утворення з'єднання. У зв'язку з цим вимоги до управління процесом зварювання і різання істотно підвищуються. У той же час важливо, щоб процес управління був простим для хірурга. Для того щоб зварювальна технологія могла знайти широке клінічне застосування в хірургічній практиці, необхідно мати у своєму розпорядженні переконливими даними по відтворюваності позитивних результатів застосування зварювальної технології. Такі дані можуть бути отримані тільки на тварин.

При цьому слід зазначити той факт, що нова хірургічна технологія зі зварювання і різання може знайти широке застосування при операціях посттравматичних при наявності здорової, але травмованої тканини. Накопичений досвід показує, що застосування зварювальної технології забезпечує отримання зовні привабливого шва, тонкого, рівного, витонченого, що не деформуючого органу, що не зменшує просвіт порожнистих органів. Досягається повна герметизація з'єднання в місці зварного шва.

ОСОБЕННОСТИ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ИХ СИСТЕМ

Гарашенко Е.С.

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

В настоящее время большинство ТЭС Украины выработали свой парковый ресурс. Их наработка приближается до 300 000 ч. Представляется целесообразным выявление остаточного ресурса эксплуатации оборудования энергоблоков, а также их модернизация. Сварные соединения паропроводов лимитируют ресурс эксплуатации энергоблоков, что обеспечивается наличием структурной, химической и механической неоднородности их металла.

Основной проблемой является рост количества дефектов сварных соединений паропроводов с течением выработки их ресурса. Изучение факторов повреждаемости металла с использованием современных методов исследования структурно-фазового состава позволяет по-новому рассмотреть проблему эффективного увеличения ресурса паропроводов путем снижения повреждаемости металла.

Система паропроводов энергоблоков ТЭС работает в стационарном и переменном режимах (пуски-остановы). Данная система включает в себя около 15 000 сварных соединений, которые являются наиболее повреждаемыми участками труб.

В исследовании структурно-фазового состава металла следует учитывать особенности эксплуатации труб паропроводов. Например, при наработке свыше 250 000 ч и увеличении количества пусков-остановов энергоблоков в металле сварных соединений увеличивается уровень их повреждаемости по механизму усталости, что имеет существенную зависимость от локальной концентрации напряжений в конструкциях сварных соединений, а также от их структурного состояния.

При наработке сварных соединений труб свыше 270 000 ч в их зоне термического влияния возникают локально сконцентрированные напряжения, существенно превышающие номинальное напряжение, что приводит к зарождению пор ползучести и последующему их превращению в трещины ползучести.

Предлагается выполнение следующих исследовательских задач:

- выявление особенностей (областей рационального использования) теплоустойчивых сталей для элементов паропроводов, длительно эксплуатируемых в условиях ползучести и выбор определенной марки стали, обеспечивающей металлу труб, необходимые эксплуатационные характеристики;

- определение эксплуатационных причин и факторов, ведущих к увеличенной повреждаемости сварных соединений паропроводов;

- установление причины проявления локальной концентрации напряжений в металле сварных соединений труб;

- рассмотрение особенности деградации металла сварных соединений.

РОЗРОБКА РЕКЛАМНО – ІМІДЖЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ АРТ-СТУДІЇ «KUDRIAKEN»

Гладковська А.Д., Глібко О. А.

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

Попит на графічну продукцію, що формує візуальний ряд та імідж підприємств, закладів, установ та різноманітних заходів постійно зростає. Розширюється асортимент носіїв подібної продукції, виникають нові види її подання, зсуваються акценти в бік віртуальних форм розміщення інформації. Зважаючи на це обрана тема роботи є актуальною та затребуваною.

Арт-студія «Kudriaken» займається створенням ілюстрацій, концепт-арту, анімації, гейм-арту та іншого графічного контенту на замовлення. Тому айдентика такої компанії має відображати креативність, наявність художньої думки і фантазії. До складу виготовленої рекламної продукції увійшли: фірмовий знак, логотип, фірмовий блок, візитна картка, ліфлет, фірмовий календар, ділова документація, сайт та розробка фірмового стилю і кольорів.

Враховуючи специфіку проекту, були обрані нейтральні теплі фірмові кольори – темно-коричневий, бежевий, білий, та один акцентний – жовтий. Оскільки найчастіше в рекламній продукції застосовуються графічні роботи з різноманітною палітрою кольорів, а на сайті встановлено галерею з усіма роботами студії, то основні кольори мають не конфліктувати з графікою, не відволікати від неї, але при цьому залишатися приємними для ока.

Фірмовий знак символізує прагнення студії створювати щось фантастичне і нове. Для відображення цього був обраний символ місяця і зірки, які часто асоціюють зі снами та мріями та втілюють у собі безмежність і недосяжність невідомого, що в даному випадку можна віднести до невичерпності креативу й спраги до мистецтва. А об'єднання місяця із жіночим обличчям відсилає до художніх мотивів і створення нових концепцій (рис.1).

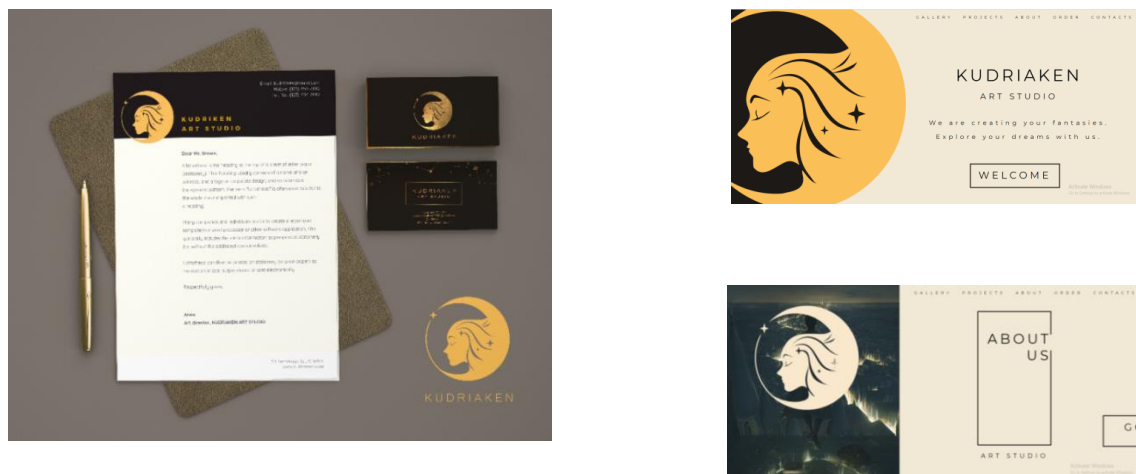


Рисунок 1 - Елементи айдентики та ділового пакету арт студії «Kudriaken»

В результаті виконання роботи за допомогою сучасних графічних пакетів було розроблено основну рекламно-іміджеву продукцію арт-студії та інформаційний сайт.

ПОВЕРНЕННЯ В МЕТАЛІВ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ПАРОПРОВОДІВ, ЯКІ ТРИВАЛИЙ ЧАС ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УМОВАХ ПОВЗУЧОСТІ

Глушко А.В., Дмитрик В.В.

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

У процесі тривалої експлуатації паропроводів із теплостійких сталей, в умовах повзучості, в їх металі відбуваються фізико-хімічні процеси, що забезпечують перетворення вихідної структури паропроводів у ферито-карбідну суміш. Такі процеси характеризуються наявністю повернення і рекристалізації. Їх відмінність від класичного повернення і рекристалізації полягає в тому, що повернення і рекристалізація в металі паропроводів проходять не як ефект зняття наклепу при відпалі, шляхом виділення запасеної, при деформації, енергії, а як перехід легованої системи в стан, що характеризується більш низьким енергетичним рівнем. Повернення в металі зварних з'єднань відбувається більш інтенсивно, ніж в основному металі самих паропроводів, що забезпечується наявністю значної структурної, хімічної і механічної неоднорідності.

Проблема продовження експлуатації енергетичного обладнання АЕС і ТЕС, яке відпрацювало свій парковий ресурс і досягло стадії фізичного зносу, є в даний час однією з найважливіших для енергетики України. Пошкоджуваність зварних з'єднань паропроводів, що мають певну структурну, хімічну і механічну неоднорідність, істотно лімітує їх ресурс. Для оцінки залишкового ресурсу зварних з'єднань, які тривалий час (більш 270000 год) експлуатуються в умовах повзучості, представляється доцільним вивчати фізико-хімічні процеси, що забезпечують структурні зміни і, відповідно, зниження експлуатаційних характеристик зварних з'єднань. Такі процеси доцільно розглядати, як складові повернення, що вперше вивчається стосовно металу паропроводів, які тривалий час експлуатуються в умовах повзучості.

Сукупність процесів, що проходять в металі зварних з'єднань паропроводів і в металі самих паропроводів (без зміни форми і розмірів зерен α -фази) можна уявити, як явище повернення. В умовах повернення, з певною послідовністю, проходять фізико-хімічні процеси: самодифузія хрому, молібдену і кремнію з центральної зони кристалів в їх прикордонні зони і сприяє утворенню сегрегації; коагуляція карбідів, розташованих по границях зерен; передає карбідам подовжену форму: утворення нових карбідів Mo_2C і VC ; деформація металу ділянок ЗТВ (зони термічного впливу), що значно перевищує деформацію основного металу паропроводів; сприяє утворенню мікропор повзучості і мікротріщин втоми.

Виявлення особливості процесу повернення доцільно враховувати при розробці нових теплостійких сталей, які будуть експлуатуватися при підвищених робочих параметрах: температурі $600-650^\circ\text{C}$ і тиску пари 30-35 МПа. Застосування таких сталей дозволить істотно підвищити ефективність роботи енергоблоків ТЕС.

ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕС

Глушко А.В., Перепічай А.О., Німко М.О., Шарий В.А.

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

Продовження терміну експлуатації енергоблоків ТЕС – актуальна проблема для енергетики України. Важливим напрямком, в розвитку сучасної теплової енергетики, є пошук шляхів підвищення ефективності роботи енергоблоків та збільшення їх потужностей. Зварні з'єднання паропровідних трактів, як складова частина енергоблоків, пошкоджуються з більшою інтенсивністю, ніж основний метал паропроводів, що не зазнав впливу зварювального нагрівання. Така інтенсивність зумовлена наявністю вихідної структурної, хімічної і механічної неоднорідності металу зварних з'єднань та наявністю фізико-хімічних процесів, що забезпечують структурні зміни та пластичне деформування металу. Доцільність вивчення структурних перетворень полягає в тому, що саме структурні перетворення в металі зварних з'єднань зумовлюють їх пошкоджуваність і руйнування за крихким механізмом, яке може мати значні негативні наслідки. Дослідження структурного стану металу зварних з'єднань паропроводів є актуальним, адже виявлення його особливостей дозволить зменшити швидкість структурних перетворень, які у ньому відбуваються.

Особлива увага приділяється можливості збільшення робочих параметрів пару (температури, тиску) до над- та супер-надкритичних значень, що, в свою чергу, підвищує ККД електростанцій. Така задача вирішується на основі застосування нових високо-хромистих сталей з покращеними корозійною стійкістю та теплотривкістю. Важливим є розробка принципових підходів до технології зварювання та термічної обробки широкого спектру теплостійких сталей, в тому числі і комбінованих зварних з'єднань сталей різних систем легування. Одними з найбільш типових існуючих проблем, які зустрічаються при виготовленні таких зварних з'єднань, є холодні тріщини та тріщини повторного нагріву. Руйнування та аварії внаслідок тріщино-утворення, можуть супроводжуватися значними матеріальними витратами, що обумовлює необхідність досліджень, присвячених цьому виду пошкоджуваності зварних з'єднань. Методи розрахунку статичної міцності конструкції, при наявності різних типів поверхневих дефектів в полях залишкових напружень та деформацій від зварювання, є важливою науковою задачею, яка на сьогодні ще остаточно не вирішена. Необхідність розрахунку даного типу дефектів зумовлена жорсткими правилами безпеки, а також економічним фактором.

У зв'язку з наведеним, актуальною задачею є дослідження особливостей структурних змін, розробка нових підходів до технології зварювання, визначення оцінки статичної міцності зварних конструкцій, що дозволить оцінити залишковий ресурс їх напрацювання, попередити їх руйнування та продовжити термін експлуатації.

СЕГРЕГАЦІЙНІ ЯВИЩА В СПЛАВАХ Fe–W

Григор'єва С.В., Бармін О.Є.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Сучасна техніка пред'являє все більш зростаючі вимоги до матеріалів. Більш того, її розвиток у цей час у значній мірі залежить від наявності матеріалів з необхідними властивостями. Перспективним способом покращення експлуатаційних властивостей металічних матеріалів є диспергація їх зеренної структури. Високі та різнобічні вимоги, які пред'являють до матеріалів, роблять необхідними детальні та глибокі наукові дослідження.

Експериментально встановлено, що чим більше зародків в одиниці об'єму розплаву, тим більше кристалів утворюється, тим вони дрібніше і вище механічні властивості металу. З цієї причини в сплавах навмисно намагаються полегшити формування зародків кристалізації. Речовина, що сприяє утворенню зародків, називають модифікатором, а саму операцію - модифікуванням.

Так, наприклад, змінити форму і розміри первинних кристалітів можна:

1) введенням в розплав тугоплавких частинок («затравок»), штучно збільшуючи число центрів кристалізації;

2) присадкою легкоплавких металів, що утворюють адсорбційні плівки на поверхні кристалів, що уповільнюють їх зростання;

3) введенням спеціальних присадок, що змінюють хімічну природу первинних кристалів і, отже, умови кристалізації та форму виділень.

В залежності від природи добавок, що вводяться і характеру їхньої взаємодії з основними компонентами сплаву і наявними домішками, можлива та чи інша схема процесу модифікування.

У зв'язку з цим, завданням цієї роботи є вивчення структури сплавів Fe-W, що отримані в однакових технологічних умовах.

Були проведені металографічний аналіз, вимірювання мікротвердості та якісний рентгенофазовий аналіз.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що при концентрації вольфраму 0,5 ат. % твердість підвищується приблизно на 75 МПа у порівнянні з чистим залізом і так як розмір зерна змінився в 1,6 рази, то звичайно основний внесок в підвищення твердості буде вносити твердорозчинне зміцнення.

При додаванні до сплаву 1,0 ат. % та 1,5 ат.% вольфраму, розмір зерна в порівнянні з сплавом чистого заліза зменшується в 35 та 49 разів відповідно. Тому в цих сплавах за рахунок значного подрібнення зеренної структури збільшується складова, яка обумовлена зернограничним зміцненням, що приводить до збільшення твердості на 250 МПа та 500 МПа відповідно. Подальше підвищення властивостей міцності в цих сплавах можливо за рахунок дисперсійного зміцнення.

ДО ПОШКОДЖУВАНOSTІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ, ЩО ДОВГОТРИВАЛО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ

Дмитрик В.В., Гаращенко О.С.

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

Надійність експлуатації устаткування енергоблоків ТЕС, яке виробило свій парковий (в тому числі і подовжений) ресурс є винятково важливою проблемою енергетичного комплексу України.

Зварні з'єднання елементів паропровідного тракту ТЕС значною мірою лімітують ресурс експлуатації енергоблоків.

Лімітування забезпечується наявністю у зварних з'єднаннях значної структурної, хімічної та механічної неоднорідності, яка суттєво збільшується при їхньому напрацюванні понад 270 000 годин.

Доцільно виявити залежність пошкоджуваності від структурного стану металу зварних з'єднань, а також від концентрації виникаючих в них напружень.

При напрацюванні зварних з'єднань понад 270 000 годин, при наявності понад нормативного збільшення пусків-зупинок, їх пошкоджуваність за механізмом втоми, помітно збільшується, що потребує додаткового уточнення.

Доцільно виявити як пошкоджуваність металу зварних з'єднань в наведених умовах пов'язана зі структурами, які є бракованими, або є близькими до бракованих.

Відомо, що при наявності таких структур рівень пошкоджуваності металу зварних з'єднань є більшим на 30 - 40% ніж при їх відсутності.

Відомо, що браковані структури з більшою швидкістю перетворюються у ферито-карбідні суміші при довгостроковій експлуатації в умовах повзучості. Відсутність таких структур дозволяє:

- значно стримати пошкоджуваність;
- забезпечити більш високий рівень надійності;
- зумовити збільшення ресурсу експлуатації зварних з'єднань.

Саме тому набуває винятково важливого значення отримання вихідної структури зварних з'єднань з покращеними якісними характеристиками.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРОЧНОГО НАГРЕВА ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Дмитрик В.В., Глушко А.В., Туренко М. И.

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

Ресурс эксплуатации сварных соединений энергетического оборудования в значительной мере зависит от их структурного состояния. Целесообразно, для получения исходной структуры сварных соединений с улучшенными качественными характеристиками, производить моделирование сварочного нагрева при их изготовлении. Затем, на основе данных моделирования путем подбора параметров режима выполнять сам процесс сварки, позволяющий получать качественную исходную структуру сварных соединений с возможно меньшей структурной неоднородностью. Разработке данной проблемы уделяется пристальное внимание, т. к. ресурс эксплуатации сварных соединений находится в прямой зависимости от получения их исходной структуры.

При разработке решения наиболее сложной задачей является определение движения границы раздела твердой и жидкой фаз. После изучения различных возможностей наиболее эффективным и удобным оказалось предположить существование небольшого временного запаздывания между подводом тепла к границе раздела и ее движением. В частности, для малого временного интервала можно решить задачу о течении жидкости и теплоотдаче в область жидкости, в предположении, что граница является стационарной. Затем количество тепла, переданное к границе раздела в течение этого интервала, можно использовать для расчета малого конечного смещения, связанного с плавлением. Для новой области жидкости, которая соответствует смещенной границе раздела, находится решение для следующего временного интервала, как указано выше. Граница раздела определяется для каждого временного интервала, поэтому можно найти решение для течения жидкого металла и теплопередачи в жидкой области, а также для теплопроводности твердого тела.

На основе расчетных данных определения температурного режима в сварных соединениях представляется возможным определять условия для формирования их оптимальной исходной структуры. Аппроксимация расчетных температурных полей по сечению сварных соединений показала их достаточную (погрешность $\leq 10\%$) сходимость с экспериментальными данными.

Моделирование магнитогидродинамических процессов при дуговой сварке плавящимся электродом позволило с достаточной точностью определять температурный режим в сварных соединениях, что актуально для получения их исходной структуры с улучшенными качественными характеристиками. Реализация разработанной модели представляется целесообразной применительно к изготовлению особо ответственных сварных соединений конструкций АЭС.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКЕ ЗАКАЛИВАЮЩИХСЯ СТАЛЕЙ

Ефименко Н. Г., Артемова С. В., Ситников П. А.

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

Работоспособность сварных соединений в конструкциях изготовленных из закаливающихся сталей определяется структурным состоянием зоны термического влияния (ЗТВ). Образовавшиеся твердые и малопластичные структуры в этой зоне приводят к росту напряжений, вызывающих образование холодных трещин (ХТ). Во избежание образования ХТ сварку таких сталей, заварку дефектов в литых конструкциях выполняют с предварительным подогревом до 350 – 400°С. Авторами, предложен более совершенный способ сварки, исключаящий операцию предварительного подогрева – способ поперечной горки (СПГ).

Цель работы – определение степени температурного воздействия на различные участки ЗТВ при сварке предложенным и существующим способом.

Объектом для исследований являлись литые заготовки из теплоустойчивой стали 15Х1М1ФЛ Ø 120 мм и длиной 400 мм, подвергнутые термообработке по штатной технологии. По всей длине заготовки механическим способом производилась выборка металла глубиной 50 мм и шириной 70 мм, имитирующая удаленный дефект литья. Электродуговым способом заваривали (заплавляли) разделку электродами типа Э-09Х1МФ, диаметром 4 мм на оптимальных режимах (ток 170 – 190 А, напряжение 26 – 28 В). Перед заваркой в корневой части разделки размещали термопары на уровне от распределяемой поверхности 2, 3, 4 и 7 мм. Одна из заготовок подвергалась предварительному подогреву до температуры 350°С.

На основании исследованных температурно-временных параметров построены термоциклограммы. Установлено следующее: скорость нагрева на начальной стадии процесса при СПГ ниже (100 – 120°С/с), чем при сварке с подогревом (120 – 140°С/с); максимальная температура металла ЗТВ на расстоянии 2-3 мм от линии оплавления при сварке СПГ ~ 1200°С, а при сварке по штатной технологии (подогрев до 350°С) 1250°С; скорость охлаждения $W_{6/5}$ равна 4 – 7°С/с и 6 – 10°С/с соответственно для штатной технологии и СПГ.

Повышение скорости охлаждения в интервале $W_{охл} = 6 – 10^{\circ}\text{C/с}$ для СПГ приводит к повышению микротвердости до $HV = 260 – 320$. Микроструктура в зоне подкала шириной 1 – 2 мм неоднородна, представлена верхним зернистым бейнитом. Обнаружены островки игольчатой формы, являющиеся, предположительно, отпущенным мартенситом с незначительным количеством остаточного аустенита.

Таким образом, сварка поперечной горкой благодаря термоциклическому воздействию на ЗТВ позволяет избежать образование в этой зоне мартенситной структуры без применения предварительного подогрева.

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ 15X1M1ФЛ, ВЫПОЛНЕННЫХ СПОСОБОМ ПОПЕРЕЧНОЙ ГОРКИ БЕЗ ПОДОГРЕВА

Ефименко Н. Г., Артемова С. В., Ситников П. А.

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

Основной трудностью при сварке теплоустойчивых сталей, используемых в теплоэнергетике для изготовления корпусных деталей турбин и паровой арматуры, является предупреждения образования холодных трещин (ХТ) на участке зоны термического влияния (ЗТВ), претерпевающего закалку при охлаждении. Очень важным параметром наряду с прочностью, является сопротивление разрушению (трещиностойкость) характеризующая способность металла противостоять распространению в нем ХТ. Для предотвращения ХТ перед сваркой, конструкции подвергают подогреву до температуры 300 – 400 °С, что приводит к значительным трудо- и энергозатратам.

Цель работы – исследование трещиностойкости сварных соединений, выполненных способом поперечной горки (СПГ) без применения подогрева. Предложенный способ обеспечивает автоподогрев металла в процессе сварки и существенно влияет на структурообразование в ЗТВ.

Сопротивление зон сварного соединения хрупким разрушениям (ХР) оценивали путем статического изгиба призматических образцов размером 25x45x200 мм с нанесенной на вибраторе усталостной трещиной, которую наносили в исследуемой зоне, предварительно выполнив V-образный надрез. Нагрузку и прогиб образца регистрировали с помощью двухкоординатного самописца. Сопротивление ХР оценивали по критическому значению критерия механики разрушения «J – интеграл» (1):

$$J_c = A / F, \quad (1)$$

где A – работа разрушения;

F – площадь «живого» сечения образца. Испытания проводили при T = + 20 °С.

Установлено, что наибольшим сопротивлением ХР обладает металл ЗТВ, а наименьшим – основной металл. Металл сварного шва занимает промежуточное значение. Критические значения J_c – соответственно равны: для металла ЗТВ – 180 – 190 Н/мм, для металла шва – 100 – 110 Н/мм, для основного металл – 50 – 70 Н/мм.

Микроструктурный анализ показал, что в ЗТВ при СПГ обеспечивается автоподогрев и термоциклическое воздействие на металл. Образуется структура зернистого бейнита, обладающая достаточной пластичностью и высокой трещиностойкостью.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЛАЗМОВОГО ЗМІЦНЕННЯ ПІДКАНОВИХ КОЛІС

Єфіменко М.Г., Чекердес М.М., Ситников П.А.

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

Основним видом піднімання вантажів в різних галузях промисловості є піднімальні крани, деталі яких працюють в умовах високих навантажень. Це призводить до інтенсивного їх зношування та потребує заміни на нові, або ремонт з використанням зварювальних технологій. Одним з сучасних способів подовження терміну експлуатації металевих виробів, який набуває дедалі більшого використання, є процес плазмового зміцнення робочих поверхонь.

Сутність плазмового зміцнення полягає у нагріванні локальної ділянки поверхні деталі вище критичних температур фазових переходів (A_{C1} , A_{C3}) та послідовного охолодження з високою швидкістю, що гарантує утворення структур зміцнення (мартенситу, бейніту та ін.). Зазначені структури характеризуються високою твердістю, міцністю та зносостійкістю.

Метою даної роботи є дослідження впливу плазмового нагрівання робочих поверхонь (реборд) підкранових коліс виготовлених з сталі 40Х на структуроутворення та твердість, а також розробка рекомендацій по використанню цього способу для підвищення терміну експлуатації деталей піднімальних кранів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було: підібрати обладнання (плазмову установку); визначити оптимальні режими зміцнення; провести металографічні дослідження металу зміцнених поверхонь.

Для плазмового зміцнення була використана установка фірми «Зварконтакт» (виробник м. Харків), яка найбільше відповідає необхідним техніко-технологічним характеристикам.

В результаті дослідження встановлені оптимальні режими: струм 220 – 240 А і швидкість переміщення плазмотрону 2 – 4 м/хв, що не забезпечує гомогенізацію аустеніту по вуглецю та дозволяє отримати мартенситну структуру з часткою аустеніту ~ 30 %, що підвищує в'язкість структури та запобігає утворенню холодних поверхневих тріщин. Глибина зміцненого шару при цьому досягає 0,8 – 1,2 мм, твердість 48 – 52 HRC. Верхній шар зміцненої поверхні представлений типовим пакетним мартенситом між рейками якого розташовані ділянки (до 30 %) залишкового аустеніту, що рівномірно розташований у вигляді тонких прошарків поміж кристалами мартенситу. Наведені результати отриманні при використанні плазмоутворюючого газу аргону, витрати якого дорівнювали 7 – 9 л/хв.

Встановлено, що довжина плазмового струміння повинна бути розміром 25 – 36 мм, що забезпечує пляму нагрівання діаметром 22 – 28 мм. Це дає змогу забезпечити зміцнення реборди підкранового колеса за 2-а оберти.

Результати дослідження лягли в основу розроблених рекомендаційних вказівок по технології плазмового зміцнення підкранових коліс.

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТАЛОСТЬ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ

Касьяненко И.В., Дубовик А.С.

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

Сварные соединения паропроводов, длительно эксплуатируемые в условиях ползучести и малоциклового усталости (пуски-остановки энергоблоков), повреждаются по механизму ползучести и по механизму термической усталости. Изучение их повреждаемости и разрушаемости представляется целесообразным для повышения надежности эксплуатации сварных соединений и увеличения их ресурса.

Хрупкие трещины в процессе эксплуатации паропроводов образуются на участке сплавления металла шва с металлом сварных соединений. Участок сплавления в процессе сварки нагревается в область температур TL, TS и характеризуется определенной структурной, химической и механической неоднородностью. Например, химический состав металла шва соответствует сплаву 10ХМФ, а основной металл – сталь 15Х1М1Ф.

Термическая усталость, после наработки сварных соединений свыше 280000 ч, может вызвать образование сетки мелких трещин в области металла сварных соединений, которая непосредственно примыкает к его внутренней поверхности. Повреждаемость металла, вызванная термической усталостью на начальной стадии ее образования, выявляется весьма сложно. Образование повреждаемости обеспечивается технологическим и конструкционным факторами, а также условиями эксплуатации.

При определении сопротивления термической усталости металла сварных соединений учитывали коэффициент термического расширения, теплопроводность, сопротивление переменной деформации, модуль сдвига и др. параметры. Принимали, что термическое расширение металла сварных соединений пропорционально изменению температуры. Выявили влияние теплопроводности на термическую деформацию, а также сопротивление металла термической усталости, зависящее от переменной пластической деформации. Переменную деформацию рассматривали как сумму упругой и пластической деформации. Обосновали взаимосвязь пластической деформации, прочности и разрушаемости металла сварных соединений.

Установили, что циклическое термическое нагружение существенно (примерно на 25-30%) понижает длительную прочность сварных соединений. Изучение термической усталости сварных соединений из теплоустойчивых сталей требует дальнейшего развития.

ПРАКТИКА БОРУВАННЯ СТАЛІ X46Cr13 З ОДНОЧАСНИМ ПОЛПШЕННЯМ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ШЛЯХОМ МАКСИМАЛЬНОГО РОЗЧИНЕННЯ КАРБІДНОЇ ФАЗИ

Князєв С.А., Реброва О.М.

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

Відомі європейські та американські сталі мартенситного класу з вуглецем, більше 0,45 % мають у своїй структурі збиткові карбіди хрому, що знижують ударну в'язкість (по цій причині у вітчизняних сталях такого класу вуглецю менше 0,45% (сталь 40X13)). Однак відомі данні [1], що свідчать про можливість розчинення карбідів хрому і переведення вуглецю у твердий розчин заліза та хрому. Тому метою роботи було вдале поєднання високотемпературного борування поверхні сталі, розчинення карбідів хрому (з максимально можливим ступенем) та гартування сталі на повітрі.

Борування забезпечує високу поверхневу зносостійкість, розчинення карбідів – високу ударну в'язкість (особливо в малих поперечних проекціях), можливість гартування на повітрі – високі статичні характеристики міцності і низькі напруження на поверхні деталей.

Порошкові суміші, з яких проводиться борування, дуже технологічні і непримхливі. Доступність сумішей з порошків склад яких є ноу-хау автора дозволяють широко використовувати процес, для зміцнення поверхонь деталей машин.

Процес карбонітрації проводився у лотку, який звантажувался у прогріту камерну піч з окисною атмосферою. Температура обробки становила від 1060 до 1100°C, тривалість витримки 1,5 години. Далі зразки (деталі) омолоджуються на повітрі. Такі режими дозволяють поєднувати процес борування з гартуванням без наступного відпуску, які є основними для завершальної термічної обробки.

Результати обробки були отримані на зразках зі сталей X46Cr13. Зразки досліджувались металографічно з виявленням борованого шару та ступінню розчинності карбідів хрому. Додатково встановлювались показники твердості, мікротвердості та ударної в'язкості.

Найбільш цікавим є результати підрахунку розчинності карбідів хрому у структурі сталі та товщини борованого шару. Більш розгорнуто результати у доповіді.

Таким чином, запропонований варіант борування сталі X46Cr13 дає змогу сформувати зносостійкий шар з поєднанням вискоефективної термічної обробки що призводить до підвищення рівня експлуатаційних властивостей.

Література:

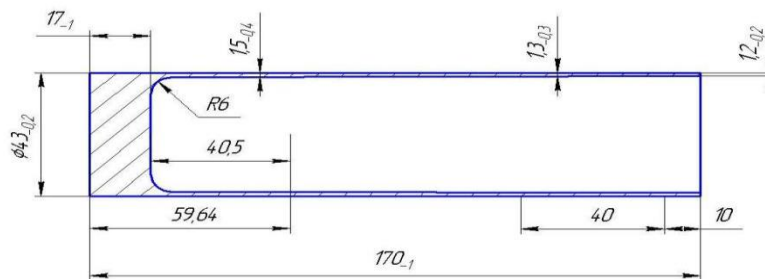
1. L.F. Alvarez, C. Garcia, V. Lopez. Continuous Cooling Transformations in Martensitic Stainless Steels. ISIJ International, Vol. 34 (1994), № 6, P. 516

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «СТАКАН»

Колісник К. Д., Кузьменко В. І.

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

Сучасна промисловість потребує ресурсозберігаючих високопродуктивних технологій виготовлення високоточних деталей машинобудування та інших галузей промисловості із сталей з високими механічними властивостями здеформованого металу, які задовольняють умовам експлуатації. Встановлено що перспективним способом отримання вказаних деталей є холодне видавлювання. Тези присвячені розробці та вдосконаленню процесу холодного видавлювання (ХВ) деталі типу «стакан», що має глибоку порожнину зі стінками змінної товщини по висоті (див. малюнок).



Технологія ХВ включає операції відрізки заготовки, термічної обробки для пом'якшення її, і нанесення смазки з метою зниження зусиль деформування та підвищення стійкості деформуючого інструменту на наступних операціях зворотнього видавлювання і редукування на оправці за декілька переходів з метою отримання виробів підвищеної надійності та довговічності.

Для розробки раціонального техпроцесу було виконане визначення кількості необхідних переходів, створені моделі заготовок та інструмента у тривимірній системі проектування «Компас 3D» для всіх визначених переходів ХВ. Частково виконане а в подальшому буде виконане повністю комп'ютерне моделювання вказаних переходів з використанням програмного комплексу Qform з визначенням деформацій та технологічних зусиль по переходах.

Висновок. Було розроблено технологічний процес холодного видавлювання деталі типу "стакан". В розробленій технології були використані два види операцій ХВ. Моделювання в програмному комплексі QForm показало що відбувається з металом при зворотному видавлюванні які властивості металу потрібно поліпшити. На даний момент нами ще виконується удосконалення технологічного процесу.

ВИЗНАЧЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПРИ АНАЛІЗІ МАКРОСТРУКТУРИ СПЛАВІВ

Крахмальов О.В., Ситников П.А.

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

Неметалеві включення можна визначити за фізичними, геометричними, механічними і хімічними ознаками. До них належать колір, здатність до відбивання світла, розмір і форма, зміна форми при пластичній деформації, реакція з різними хімічними речовинами.

Здатність відбивання більшості неметалевих включень значно нижча, ніж у металів, і тому під мікроскопом вони мають темний колір. Сульфіди та окисли мають кращу здатність відбивання, аніж силікатні включення, і тому під мікроскопом вони мають світлий колір.

Неметалеві включення можуть мати різні розміри. Найбільшими є сторонні включення. Природні включення зазвичай мають розміри в межах 2 – 150 мкм. Для окису алюмінію характерні розміри від 2 до 7 мкм, сульфідів марганцю і заліза – від 2 до 8 мкм, силікатних включень – до 150 мкм. Розміри деяких включень залежать від умов виплавляння і охолодження. Наприклад, силікатні включення, що утворились в рідкому металі, можуть збільшуватися в розмірах в процесі витримки металу при високій температурі після розкислення. Розмір сульфідних часток залежить від швидкості затвердіння рідкого металу: чим менше швидкість, тим крупніше частки.

Частки неметалевих включень можуть мати різноманітну форму. Округлу форму мають включення закису заліза та силікатні стекла. Зустрічаються включення у вигляді дендритів, наприклад, сульфіди марганцю. Включення кристалічної, правильної форми мають нітриди титану і цирконію.

Неметалеві включення можуть розташовуватися у вигляді суцільної або перервної плівки по границям зерен. До таких включень належать сульфіди заліза (FeS), нікелю (Ni_2S_2), закису міді (Cu_2O).

Неметалеві включення можуть змінювати свою форму при пластичній деформації. Пластичні включення деформуються разом з металом і витягуються в нитки та рядки. До таких включень належать закис заліза, сульфідні включення заліза і марганцю, окисульфідні включення, деякі силікати. Якщо включення не досить пластичні, то при деформації вони розламуються і мають уривчасті контури. До таких включень належать силікатні включення з підвищеним вмістом кремнезему. Деякі тверді включення зберігають при деформації свою початкову форму. Це нітриди титану і ніобію, карбонітриди титану. Крихкі частки при деформації розламуються і мають вигляд ланцюгів (частки сторонніх включень вогнетривів). Неметалеві включення у більшості випадків погано впливають на властивості металів: зменшують міцність і пластичність, роблять метал крихким, знижують опір корозії, погіршують технологічні властивості. Тому склад неметалевих включень в сталі контролюють і регламентують.

ТЕХНОЛОГІЧНА ФОРМА РЕЧІ У ДИЗАЙНІ

Крахмальов О.В.

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

Технологічна форма речі як предмет дизайн-діяльності є тією з'єднуючою ланкою між морфологічним образом і промисловою технологією, в якій здійснюється органічна єдність обох сторін. Ця категорія визначає предмет і завдання технологічного проектування як структурної складової дизайн-діяльності. Основне завдання технологічного проектування – впровадити морфологічний образ речі в матеріалі та процесах промислового виготовлення.

Завдання дизайнера полягає в тому, щоб представити морфологію як технологічний процес, що має предметний характер, а технологію – як морфологію, впроваджену в спосіб виробництва речі. Мова йде не про морфологію як таку, а про якісно нове поняття, що відображає тотожність обох сторін в проектному усвідомленні речі, тобто технологію речі. Над цим об'єктом повинна бути надбудована художня ідеологія. В історії дизайну цей крок був зроблений ще Г. Земпером, який розробив теорію художньої технології, аналізуючи походження художніх прийомів в архітектурі та ремеслах.

Художнє осмислення технологічної форми може здійснюватись по-різному. Художньо осмислена технологічна форма органічно входить до загальної концепції дизайн-форми, до цілісного художнього образу речі. Технологічний образ речі повинен розроблятися не після того, як функціональний і морфологічний образи речі вже вирішені, а одночасно як органічна частина цілісної художньої концепції дизайн-форми, де функція, морфологія і технологія входять в єдиний сюжет дизайнерського процесу проектування.

Значна кількість дизайнерів трактують технологію як одне із джерел задуму речі і будується на тому, що образ речі в якості ведучої теми виражає природу матеріалу, спосіб його розробки і процес виготовлення виробу. Тобто технологія є джерелом задуму. Дизайнер будує форму, виходячи із технології матеріалу. В цьому випадку принцип відповідальності форми та матеріалу виступає як головний естетичний принцип мислення і формоутворення об'єкту.

Значна роль типу технологічної операції в морфології продукту простежується в усій історії матеріальної культури. Дизайнер, який має фундаментальну інженерну підготовку, може вирішувати складні професіональні задачі. В цьому випадку професіональні навички допомагають дизайнеру відмовитися від стереотипів, мислити вільно, творчо. Особливо це відчутно при роботі дизайнера в машинобудуванні, транспорті, де конструкції є результатом точного раціонального розрахунку, з урахуванням необхідного конструкційного матеріалу, обраної технології.

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЙ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

Крахмальов О.В.

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

Основними характеристиками машин є призначення та область застосування, спосіб керування, потужність, продуктивність, коефіцієнт корисної дії, маса, габаритні розміри, собівартість та ін. Основні технологічні характеристики машини вказуються в її технічному паспорті.

До механізмів і машин ставляться такі вимоги: працездатність, надійність, технологічність, ергономічність, естетичність.

Працездатністю називають такий стан механізмів і машин, при якому вони здібні нормально виконувати задані функції з параметрами, які встановлені нормативно-технічною документацією.

Надійністю виробу називають можливість виконувати задані функції, зберігаючи при цьому протягом визначеного часу значення встановлених експлуатаційних показників. Надійність є загальною проблемою всіх галузей машинобудування. Будь-яка сучасна машина може бути знецінена при ненадійній роботі. Надійність виробу визначається напрацюванням і залежить від усіх етапів створення виробів, від проектування до транспортування та експлуатації.

Технологічними називають машини, що потребують мінімальних витрат коштів, часу та праці у виробництві, експлуатації та ремонті. Конструкції машин повинні характеризуватися високим рівнем стандартизації та уніфікації конструктивних елементів, матеріалів, розрахунків і технологій. Технологічність деталей забезпечується окреслюванням їх найпростішими поверхнями (циліндричними, конічним та ін.), зручними для обробки механічними і фізичними методами; застосуванням матеріалів, що придатні для безвідходної обробки (тиском, литвом, пресуванням, зварюванням, лазерною обробкою та ін.) та ресурсозберігаючих технологій; системою допусків і посадок.

Для оцінки економічності враховують витрати на проектування, виготовлення, експлуатацію і ремонт. Економічність машини досягається за рахунок максимального коефіцієнту корисної дії в експлуатації при високій надійності і спеціалізації виробництва.

Ергономічність, зручність обслуговування, досконалість і краса зовнішніх форм машини суттєво впливають на ставлення до неї персоналу. Значення має також вплив машини на навколишній простір.

Естетичність – це досконалість зовнішніх форм деталей, вузлів та машин в цілому. Вона також суттєво впливає на ставлення до машини персоналу, що її обслуговує.

ВОДЯНІ МЛИНИ

Крахмальов О.В.

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

Водяні млини можна назвати елементарною формою машини. Вони увійшли в господарське життя людства в XIV сторіччі. Від водяного двигуна влаштовувалась передача обертального руху до робочого органу (виконавчому механізму), це було потрібно в мукомельній справі. Для цього необхідно було вирішити механічну задачу про передачу обертання між осями (валами), які перехрещуються під прямим кутом. Задача була вирішена за допомогою зубчастого зачеплення цівкового типу. Млини виявились, ймовірно, першим механічним агрегатом, в якому знайшли практичне застосування і розвиток зубчасті передачі.

В ранішніх водяних млинах, призначених для помелу борошна, були застосовані перші основні види зубчастих коліс, які потім використовувались протягом декількох сторіч, зокрема, такі колеса дозволяли здійснити передачу обертання між перпендикулярними осями. Ця передача між перпендикулярними осями вигадана, можливо, раніше, аніж передача між паралельними осями.

Цівкові колеса тривалий час були універсальними і установлювались навіть в годинникових механізмах. Відомі три основних види таких коліс: 1) з зубцями на ободі, які застосовуються для передач між паралельними осями; 2) з зубцями (пальцями, цівками) на торцевих поверхнях, які застосовуються для передач між перпендикулярними осями; 3) малі шестерні, що складаються з двох кругів (дисків), співвісно розташованих на деякій відстані один від одного, і пальців (цівок), забитих між ними.

Зачеплення зубчастих коліс першого виду з малими шестернями застосовувалось при передачі обертального руху між паралельними осями, зачеплення зубчастих коліс другого виду з малими шестернями – при передачі обертального руху між перпендикулярними осями. Передача обертального руху між різними осями від двигуна до робочого знаряддя, здійснена в млинових агрегатах (коли рух робочих знарядь потребувався обертальний), виявилось першою, найпростішою формою передачі руху від водяного двигуна.

Іншою, більш складнішою формою механізмів, було улаштування для перетворення неперервного обертального руху в коливальний рух хвостових та лобових молотів, повітродувних міхів або в прямолінійний зворотно-поступальний рух толчейних пристроїв порохових, паперових та інших «млинів». Таке перетворення руху, розповсюджене в XIV – XV ст. в країнах Західної Європи, виконувалось за допомогою простих кулачків, закріплених на валах. Горизонтальний вал водяного колеса або інший горизонтальний вал, з ним пов'язаний, став кулачковим валом. А це дало можливість в подальшому зробити млиновий водяний двигун (колесо) універсальним.

ДОСЛІДЖЕННЯ І УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ГАЙКИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ДЛЯ АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

Лактіонов Є. В., Кузьменко В. І.

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

Холодне видавлювання є ефективним способом отримання деталей типу ковпачкова гайка у порівнянні з різанням, так як дозволяє отримувати точні заготовки практично без припусків на механічну обробку [1]. Однак його впровадження супроводжується виникненням ряду проблем, вирішення яких залежить від якості розробки технологічного процесу, конструкції оснастки і, перш за все, конструкції матриці і умов контактного тертя. Тому дослідження і розробка процесу холодного видавлювання деталей типу ковпачкова гайка з centruючою головкою включає конічні і сферичні елементи представляє теоретичний і практичний інтерес і є актуальним завданням.

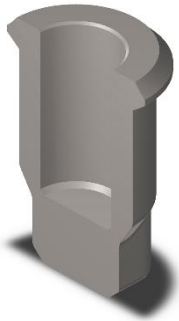


Рисунок 1-3D розріз
гайки

Після аналізу декількох варіантів технологічних процесів виготовлення гайки спеціальної для автомобілебудування, було прийнято варіант виготовлення деталі за 4 переходи. Відповідно до пропонованої технології на першому переході здійснюється калібрування заготовки з утворенням намітки і набором металу під фланець. На другому переході за допомогою зворотного видавлювання отримують порожнину, що позитивно впливає на подальше видавлювання і знижує навантаження на пуансон. На третьому переході відбувається калібрування фланця без утворення задирки.

На четвертому переході (рис. 1) спочатку відбувається процес прямого видавлювання та формоутворення квадратної частини гайки під ключ. Після того, як пряме видавлювання завершується відбувається процес зворотного видавлювання, тобто метал тече вгору. При цьому з'являється загроза виникненню тріщини в деталі за рахунок інтенсивного поперечного зсуву по лінії розподілу прямого та зворотного видавлювання. Тому було прийнято рішення розробити підпор для квадратної частини гайки. Саме підпор допомагає знизити інтенсивність деформацій вздовж цієї лінії. Таке технічне рішення дозволяє забезпечити розподіл течії металу, як у прямому, так і в зворотному напрямках до повного завершення процесу, що і сприяє зниженню зсувної деформації в зоні розподілу прямого та зворотного видавлювання та, як наслідок, підвищує якість деталі та її характеристики (рис. 2).

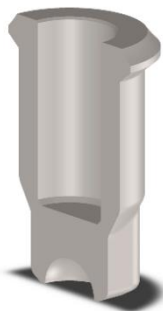


Рисунок 2-3D розріз гайки
з підпором

Література:

1. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов. Евстратов В. А. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1987. – 144 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОГО ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ КОРОБОК

Левченко В.М.¹, Юрченко О.А.²

¹*«Донбаська державна машинобудівна академія», м. Краматорськ*

²*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У різних галузях промисловості (машинобудуванні, приладобудуванні, електронній, радіотехнічній тощо) широко використовують порожнисті вироби прямокутної форми типу коробок як з постійною, так і змінною за периметром товщиною стінки (рис. 1).



Рис. 1 – Деталь типа коробки

При виготовленні таких деталей зворотнім холодним видавлюванням деформація в кутових ділянках і в центральній зоні стінок суттєво відрізняється, що призводить до того, що висота стінки стає змінною за довжиною коробки – утворюються так звані фестони. Для кількісного оцінювання кінцевої формозміни приймали максимальну різницю висоти стінок за периметром коробки ΔH . Аналіз різновисотності коробок залежно від їх розмірів дозволив встановити, що найбільш суттєво впливають на висоту фестонів відносна довжина коробки, її ширина, відносна товщина стінки, а також коефіцієнт тертя. Для визначення коефіцієнтів рівняння регресії було використано повний факторний експеримент типу 2³. Основні рівні факторів були вибрані з урахуванням розмірів коробок, які найчастіше використовують у виробництві, а інтервали варіювання – виходячи з реальних меж значень основних факторів. Це дозволило створити математичну модель процесу утворення фестонів у вигляді відповідного рівняння регресії, яке дозволяє визначити висоту фестона для будь-якої коробки, геометричні параметри якої лежать в межах значень рівнів чинників, що використані для цього дослідження. Результати роботи можливо використовувати при оптимізації конструкції пуансонів з метою зменшення висоти фестонів.

СТВОРЕННЯ ЛОГОТИПУ КВІТКОВОГО МАГАЗИНУ В CORELDRAW GRAPHICS SUITE

Лейба О.А., Матюшенко М.В.

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

Дизайн грав істотну роль в житті людей завжди, проте в наш час, коли це поняття у всіх на слуху і хороший дизайн став доступним для всіх, його роль і зовсім стало важко переоцінити: якісний дизайн інтер'єру дає нам можливість продуктивніше проводити як робоче, так і вільне час, піднімає нам настрій, коли нам погано, змушує відчувати себе повними енергії, коли ми втомилися - іншими словами, підвищує загальну якість нашого життя. А для якоїсь комерційної компанії найважливішим є дизайн логотипу. Логотип - графічний знак, емблема або символ, який використовується територіальними утвореннями, комерційними підприємствами, організаціями та приватними особами для підвищення впізнаваності і розпізнаваності в соціумі. Логотип являє собою назву сутності, яку він ідентифікує, у вигляді стилізованих букв і /або ідеограми. Логотипи широко застосовуються в якості товарних знаків. Найчастіше люди, що відкривають власний бізнес або займаються малим бізнесом якийсь час, недооцінюють значення логотипу і не поспішають створювати унікальну презентацію своєї компанії. Вони також відкладають розробку дизайну промо-носіїв і починають роботу над їх створенням тільки після формування певного числа потенційних покупців. Такий хибний підхід може завдати шкоди будь-якій фірмі і відстрочити її розвиток. Зазвичай компанії знайомлять споживачів зі своєю продукцією за допомогою самостійно створених промо-матеріалів, а не уявляють ринку бренд, розроблений професіоналами. Фахівці з просування бізнесу не радять так робити, адже значення логотипу компанії просто величезна. У даній роботі створено логотип магазину квітів. При розробці логотипу головне завданням стояло розробити дизайн з використанням квітки, як графічного елементу торгового знака. Особливості даної роботи:

- 1) Створення незабутнього дизайну.
- 2) Використання простих елементів для створення незабутнього логотипу.
- 3) Простота логотипу.

РОЗРОБКА ПАКЕТУ РЕКЛАМНО – ІМІДЖЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «МІСЬКВОДОКАНАЛ» ТОКМАЦЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ

Лісова Д.М., Глібко О. А.

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

Робота має реальний характер і виконана за замовленням на потребу керівника підприємства.

КП «Міськводоканал» ТМР вже протягом десяти років має іміджеву продукцію, але під впливом часу вона стала вже давно не актуальною. Тож задачею став ребрендинг підприємства. Загалом це установа міського значення, яка відповідає за постачання води у місті Токмак і районі. Саме тому створена продукція має бути зрозумілою для всіх прошарків населення.

В пакет рекламно-представницької продукції увійшли наступні складові: фірмовий блок, візитні картки, системи піктографічних знаків (для поліграфічної продукції та для сайту), інформаційний буклет, інформаційний сайт та відеоролик для створення стабільного надійного та сучасного стилю роботи на підприємства, що використовує новітні технології. Рекламний ролик розроблений у тривимірному середовищі.

Зважаючи на специфіку підприємства, фірмовий стиль було витримано у блакитно-білій кольоровій гамі. Головним об'єктом символіки стала трубопровідна арматура-засувка, силует якої подано у стилізованому вигляді. Так як це державна установа, то весь дизайн базується на стриманості та функціональності.

На рисунку 1 наведено затверджений замовником фірмовий блок та візитну картку.



Рисунок 1 – Візитна картка з фірмовою символікою

В результаті роботи був отриманий пакет рекламно-іміджевої продукції, включаючи сайт підприємства, де можна не тільки ознайомитися з загальною інформацією, а й отримати корисні матеріали для споживачів та потенційних партнерів для співпраці.

Розроблений ролик для показу роботи конкретної насосної системи поряд з рекламною спрямованістю має і демонстраційний характер. Весь комплекс продукції має прикладне значення та найближчим часом стане офіційною для підприємства.

МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В ОТЛИВКАХ

Мариненко Д.В., Русабров А.Е., Пономаренко О.И.

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

В машиностроении многие детали работают в условиях нагрузок, поэтому случается разрушения, которое сопровождается появлением трещин, а затем и полным выходом детали из рабочего состояния.

Поскольку трещины в деталях недопустимы, то их следует избегать еще и на этапе литья. Через такие требования перед конструкторами и технологами становится целый ряд сложных вопросов, которые нужно решить на этапе проектирования технологии получения отливки.

Отсутствие простых и точных методов просчета возникновения трещин и средств автоматического решения задачи их устранения, заставляют технологов экспериментальным путем решать поставленные перед ними задачи. Все это затрудняет создание качественной отливки.

Важной задачей является создание алгоритма расчета трещин в отливках, на основе существующих практиках, теориях и гипотезах. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- ☐ дать определение трещины, соответствующее поставленной задаче;
- ☐ описать основные факторы, влияющие на образования трещин, и степень их влияния;
- ☐ существующими формализованными методами описать влияние выбранных факторов на трещину в отливке;
- ☐ на основе решения вышеописанных задач создать алгоритм расчета трещин в отливке.

Трещины бывают двух видов: холодные и горячие. Поскольку межфазный переход происходит в интервале температур, невозможно точно сказать в какой момент начала зарождаться трещина.

Основные мероприятия, по устранению трещин, являются:

- ☐ использовать направленную кристаллизацию.
- ☐ выбирать формовочную и стержневую смесь с достаточной податливостью, для создания свободной усадки отливки.
- ☐ в местах локального перегрева устанавливать холодильники.
- ☐ определить технологичность конструкции отливки.
- ☐ при проектировании литниковой технологии, питания отливки организовывать в тонкие стенки.

Это позволит получать качественные отливки без трещин из черных и цветных сплавов.

ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ТРУДНО ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Медведев М. И., Беспалова Н. А., Андреев В. В., Бобух А. С.

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепро

Известно, что сопротивление деформации и пластичность металла существенно зависит от степени их легирования.

Сопротивление деформации сплавов системы $Fe - Ni - Cr$ постепенно возрастает по мере повышения в сплавах содержания $Ni + Cr$. Данная зависимость представлена на рисунке 1, которую получили на основе статистической обработки результатов замеров силы прессования более 30 трудно деформируемых сплавов, таких как ХН32Т, ХН45Ю, ХН78Т, ХН40Б, Х23Н28МФТ и др., при базовых условиях прессования: $D_{\text{конт}} = 195 \text{ мм}$, $S_{\text{гильзы}} = 50 \text{ мм}$, $T = 1150^\circ\text{C}$, коэффициент вытяжки $\mu = 7 \div 100$.

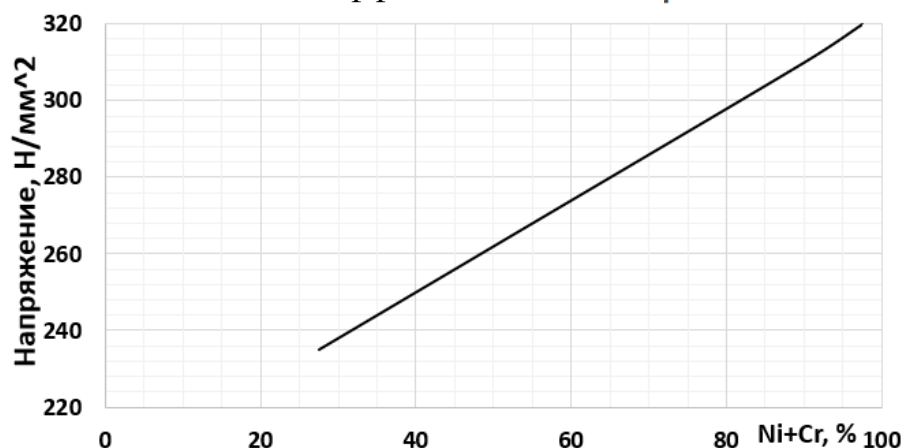


Рис.1. Зависимость сопротивления деформации ρ_0 от процентного содержания легирующих элементов $(Ni + Cr)\%$

Данный график достаточно точно аппроксимируется выражением:

$$\rho_0 = 200 + 1,2 \times (Ni + Cr)\% \text{ Н/мм}^2, \quad (1)$$

Введение в сплавы упрочняющих легирующих элементов, а именно Mo, W, V, Nb дополнительно повышает сопротивление деформации $Ni + Cr$ матрицы пропорционально их процентному содержанию. При прессовании труб в диапазоне размеров $\varnothing 76-159 \times 10-20 \text{ мм}$ на Никопольском Южном трубном заводе, $\varnothing 76-168 \times 10-20 \text{ мм}$ и $\varnothing 133-245 \times 14-30 \text{ мм}$ на прессах Волжского трубного завода экспериментально установлено, что величина коэффициента пропорциональности (α) составляет $\alpha=2,0$ при суммарном содержании $(Mo + W + V + Nb)$ до 10% и $\alpha=6,5$ при содержании более 10%, что объясняется дополнительным упрочнением металла за счет образования фаз.

Таким образом, значения сопротивления деформации для каждого исследуемого сплава можно определить согласно следующей зависимости:

$$\rho = 200 + 1,2 \times (Ni + Cr)\% + \alpha(W + Mo + V + Nb)\% \text{ Н/мм}^2, \quad (2)$$

Полученные по зависимости (2) значения сопротивления деформации отклоняются от фактических в пределах $\pm 10 \text{ Н/мм}^2$.

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ ПРИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ІНДЕНТУВАННІ

¹Мощенко В. І., ¹Дощечкіна І. В., ¹Лалазарова Н. О., ²Ситников П. А.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Процеси європейської інтеграції охоплюють різноманітні галузі в Україні: освіту, науку, промисловість та ін. Євроінтеграція – це перехід на стандарти ЄС у всіх сферах життя. На українських підприємствах виготовляють продукцію, яка продається в різні країни Європи, що вимагає знання міжнародних стандартів і вміння ними користуватися.

Особливістю сучасної техніки є використання виробів мікро- та нанорозмірів, тонких покриттів, нових матеріалів, які мають низьку пластичність або є абсолютно крихкими, що потребує нових методів діагностування властивостей. Використання стандартних іспитів для вивчення механічних властивостей в цих випадках має низьку ефективність. В багатьох випадках вимірювання твердості шляхом індентування є практично єдиним способом визначення механічних характеристик. Актуальність використання індентування, особливо як метода мікромеханічних випробувань, не викликає сумніву. Визначення твердості та інших характеристик матеріалів при інструментальному індентуванні регулюється міжнародним стандартом ISO 14577-1:2015 [1]. В процесі індентування інденторами різної форми безперервно фіксують навантаження та глибину втискування індентора і отримують F-h-діаграму.

В ХНАДУ на основі стандарту ISO 14577-1:2015 в Excel розроблена програма для визначення характеристик: твердість за Мартенсом НМ; твердість за Мартенсом НМs, яку розраховують за нахилом кривої навантаження на F-h-діаграмі; твердість індентування Н_{IT}; модуль пружності Е_{IT}; повзучість при індентуванні С_{IT}, релаксація при інструментальному індентуванні R_{IT}; співвідношення пружної та пластичної складової роботи при інструментальному індентуванні η_{IT}.

Розроблена програма є важливим додатком до стандарту, тому що, враховує всі його параметри і особливості та дозволяє покроково розраховувати всі характеристики. Розрахунки виконуються в автоматичному режимі, результати оформлюються згідно стандарту також автоматично.

Програма на основі стандарту ISO 14577-1:2015 є кроком в напрямку євроінтеграції і може використовуватися у промисловості для діагностування якості продукції, в наукових дослідженнях, в навчальному процесі.

Література:

1. ISO 14577-1:2015. Metallic materials – Instrumented indentation test for hardness and materials parameters – Part 1: Test method.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ СТРИЖНІВ НА ПІСКОДУВНІЙ МАШИНІ

Мухтарзаде Вусал, Кравцова Н. В., Костик К.О.

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

Виробництво виливків найбільш часто використовує разові піщані стрижні, які зміцнені тепловою сушкою. Технологія виготовлення стрижнів має особливості, які обумовлені високими вимогами до їх міцності, вогнетривкості і газопроникності. Виготовлення стрижнів вручну – трудомістка операція, тому цей процес на сучасних підприємствах механізують часто з використанням автоматики, а саме стрижні отримують на встряхувальних, пресових, пісcomedних, піскодувних, піскострельних і мундштучних машинах, а також з використанням рідких самотвердіючих сумішей.

Піскодувні машини класифікуються за розташуванням вдувного отвору щодо опоки: машини з верхнім, боковим і нижнім розташуванням вдувного отвору. Піскодувний процес ущільнення може бути одноразовим і пульсуючим; стрижень виготовляється відповідно при видачі однієї або декількох послідовно видаваних порцій суміші.

Метою даної роботи є вивчення технологічного процесу виготовлення ливарних стрижнів на піскодувній машині.

Для цього в роботі розглянуті процеси формування стрижня послідовністю в два етапи. В роботі відзначено, що спочатку відбувається заповнення технологічної ємності з попереднім ущільненням суміші за рахунок кінетичної енергії струменя і перепаду тисків, потім здійснюється ущільнення суміші за рахунок видавлювання пресуючого кома з насадки в технологічну ємність, яке відбувається під дією різниці тисків повітря в робочому резервуарі і формі. Показано, що на першому етапі піскодувний резервуар виконує роль живильника, де суміш надходить в технологічну ємність у вигляді пухкої, майже неущільненого струменя. На другому етапі відбувається видавлювання додаткової порції суміші з вихідного отвору резервуара в попередньо заповнену технологічну ємність. Суміш, що надходить в опоку, приймає форму кома, що пресує як нижче розташоване, так і бічні шари. Відзначено, що в резервуарі є кілька вихідних отворів, то з кожного видавлюється окремий пресуючий ком. Грудки, що виходять з близько розташованих отворів, можуть зливатися.

Також в роботі проведений розрахунок робочих резервуарів піскодувної машини, при якому визначені конструктивні параметри, що забезпечують безперервне живлення форми сумішшю і створюють умови, сприятливі для утворення пресуючого кома і ущільнення суміші у формі. При проектуванні піскодувної машини розраховані елементи її конструкції. Значення цих параметрів визначали за емпіричними формулами для робочого процесу піскодувної машини при різних масі стрижнів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНИХ КАНАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ

Острове́рхова К.В., Воло́щук К.В., Кости́к К.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Існуюча потреба сучасної техніки у спеціальних сталях і сплавах визначає розвиток спеціальної електрометалургії як галузі з виробництва чорних і кольорових металів, що викликає необхідність створення нових і вдосконалення існуючих електротермічних агрегатів. Використання електронагріву дозволяє отримувати продукцію більш високої якості і забезпечувати поліпшені екологічні умови виробництва. Простота подачі електричної енергії, технологічність її застосування і відносна простота регулювання потужності, що підводиться, роблять цей вид енергії незамінним при одержанні рідкого металу високої якості.

Метою даної роботи є вивчення можливостей застосування індукційних каналних печей.

Для цього в роботі розглянуто процеси перетворення електричної енергії в інші види енергії з одночасним здійсненням технологічних процесів, в результаті яких змінюються властивості вихідного матеріалу. В електротехнологічних процесах використовуються властивості самих оброблюваних матеріалів, таких як електропровідність, магнітна проникність, діелектрична проникність, теплопровідність, теплоємність.

Розглянута частина індукційної установки, в якій нагрівається метал або сплав та доводиться до температури плавлення, тобто до умов, при яких він змінює свій агрегатний стан в процесі нагрівання. Показано, що така індукційна плавильна піч (індукційна одиниця) включає в себе індуктор, каркас, камеру для плавки, а також механізми нахилу печі, вакуумну систему та ін., в якій відбуваються процеси теплогенерації, розплавлення матеріалів і додання їм певних властивостей (хімічний склад, температура та ін.).

Таким чином, показано, що при великій різноманітності типів індукційних каналних печей, їх основні конструктивні вузли є загальними для всіх різновидів: трансформатор печі, футеровка, корпус, вентиляційна установка, механізм нахилу.

Вивчення цього питання дозволяє зробити висновок, що наявність в індукційних каналних печах електродинамічного та теплового руху розплавленого металу або сплаву забезпечує однорідність хімічного складу і рівномірність температури розплавленого металу або сплаву у ванні печі. Встановлено, що індукційні каналні печі рекомендується використовувати в тих випадках, коли до виплавляемого металу і отриманим з нього виливків пред'являються високі вимоги по мінімальній газонасичувальності та по неметалевим включенням.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ВАКУУМНО- ДУГОВЫХ ПОКРЫТИЙ TiN

Пинчук Н.В., Соболев О.В.

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

На сегодняшний день актуальным является совершенствование, используемых материалов, за счет получения поверхностных слоев с уникальными свойствами. Так физическое осаждение из паровой фазы (PVD) позволяет получать покрытия на различных подложках. Условия осаждения в широком диапазоне позволяют изменять свойства покрытий. Одним из наиболее важных параметров является средняя энергия бомбардирующих частиц при высоковольтном импульсном стимулировании.

Для решения задачи по установлению и прогнозированию связи физико-технологических параметров осаждения со структурой, субструктурой и свойствами покрытий TiN использовалась модернизированная установка «Булат-6», снабженная дополнительно генератором высоковольтных импульсов, подаваемых на подложку в процессе осаждения. Давление азотной атмосферы составляло $P_N = 1 \cdot 10^{-3} \dots 2,7 \cdot 10^{-2}$ Па. Величина отрицательного постоянного потенциала смещения составляла $U_b = (-27 \dots -300)$ В, а высоковольтного импульсного отрицательного потенциала $U_{ip} = (800 \dots 2000)$ В (с частотой 7 кГц и длительностью воздействия 4, 10 и 16 мкс). Компьютерное моделирование ионно-плазменной имплантации производилось с помощью программы TRIM в режиме “Monolayer Collision Steps/ Surface Sputtering”.

По результатам рентгеноструктурного анализа установлено, что образование нитрида титана с кубической кристаллической решеткой структурного типа NaCl. Компьютерное моделирование позволяет определить глубину слоя, который подвергается облучению, с учетом всех каскадных повреждений. Глубина слоя изменяется от 3 до 4,4 нм при увеличении отрицательного импульсного потенциала (U_{ip}) с 850 до 2000 В, соответственно. Переход текстуры от [111] к [110] проявляется в покрытиях TiN с увеличением U_{ip} . В случае длительности импульса 10 мкс и 16 мкс во всем используемом диапазоне U_{ip} наблюдаются следующие зависимости: с увеличением U_{ip} деформация кристаллической решетки уменьшается с осью текстуры [111] и увеличением соответствующая деформация в кристаллите с осью текстуры [110].

Показано, что подача высоковольтного импульсного потенциала смещения повышает подвижность частиц и приводит к релаксационным процессам. Последнее обеспечивает снижение ростовых напряжений сжатия и разориентацию зерен-кристаллитов при малом постоянном U_b . Проведен анализ причин наблюдаемых структурных изменений покрытиях нитрида титана, основываясь на механизме формирования поверхностных слоев вакуумно-дуговых покрытий в условиях имплантационных процессов, стимулированных подачей отрицательного потенциала на подложку.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Плеснецов Ю.А.

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

Для получения гнутых перфорированных профилей валковой формовкой, как правило, предварительно перфорируют заготовки. В процессе профилирования, форма отверстий изменяется, круглые отверстия становятся эллипсообразными.

С целью определения величины и характера распределения деформации металла на участке плавного перехода при профилировании перфорированной полосы проведены тензометрические исследования деформированного состояния металла при валковой формовке швеллеров 100x100x4 мм и кинематический анализ очага деформации.

В результате экспериментальных исследований установлено, что на полке швеллера наибольшие деформации имеют место в продольном направлении, в поперечном направлении – носят знакопеременный характер. В результате кинематического анализа определены координаты произвольной материальной точки в поперечном сечении участка плавного перехода по зависимостям:

$$\begin{cases} x = -y_0 \sin a(z) + x_0 \cos a(z); \\ y = y_0 \cos a(z) + x_0 \sin a(z). \end{cases} \quad (1)$$

Длина дуги участка плавного перехода определена по зависимости:

$$dl = \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dz}\right)^2} dz.$$

Продольная деформация определена по зависимости:

$$e = -1 + \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dz}\right)^2}. \quad (2)$$

Очевидные преобразования зависимости (2), позволили получить:

$$e = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{dx}{dz}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dz}\right)^2 \right] \quad (3)$$

Подставляя (1) в (3), находим:

$$e = \frac{1}{2} (x_0^2 + y_0^2) \left(\frac{da}{dz}\right)^2. \quad (4)$$

С учетом результатов экспериментальных исследований получена расчетная формула для определения продольной относительной деформации:

$$e = K (x_0^2 + y_0^2)^2 \left(\frac{da}{dz}\right)^2, \quad (5)$$

где K — эмпирический коэффициент, установленный по результатам экспериментальных исследований.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ЛОПАТОК ТУРБІН ЗА РАХУНОК БАГАТОРАЗОВИХ ПОВТОРНИХ ЗАГАРТУВАНЬ З НАГРІВОМ СВЧ

Погрібний М.А., Азаров М.С., Федоренко Г.А.

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

Практичне використання в умовах АТ «Турбоатом» технології поверхневого загартування з нагрівом СВЧ лопаток парових турбін вказує на необхідність в певних випадках повторних загартувань кромek лопаток для підвищення якості зміцнення. В зв'язку з цим в роботі досліджена можливість використання повторних загартувань, а також вивчалися вплив на якість зміцнення різних схем охолодження в процесі нагріву СВЧ та дія поміжної та заключної об'ємних (пічних) термічних обробок.

В результаті досліджень встановлено, що при збільшенні кількості загартувань з нагрівом СВЧ (до 10 циклів) твердість зміцнення поверхні на лопатках турбін із сталі 15X11МФ збільшується. Повторне загартування з нагрівом СВЧ на оптимальному режимі може бути використано для усунення на поверхні кромek лопаток м'яких плям (зон зі зниженою твердістю), які в ряді випадків можуть бути отримані після первинного загартування. При зміцненні лопаток загартуванням з нагрівом СВЧ неприпустимий перегрів, результатом якого є різке збільшення крихкості металу кромek лопаток. Найбільш високий рівень твердості має метал лопаток, охолоджений згідно схеми 2, причому незалежно від кількості циклів обробки.

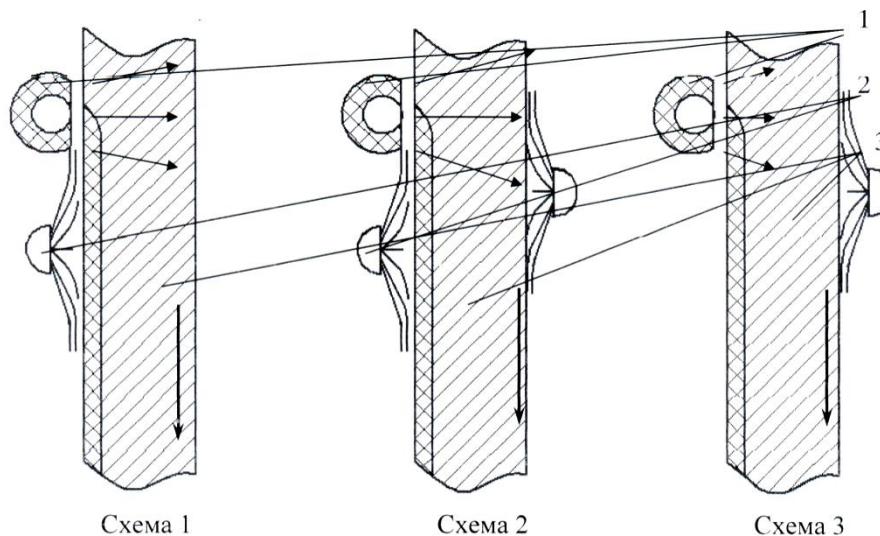


Рисунок 1 – Схеми охолодження зразків із лопаткової сталі 15X11МФ
при їх поверхневому загартуванні з нагрівом СВЧ
(1 – індуктор; 2 – спреєр; 3 – зразок)

Заключний відпуск з нагрівом в інтервалі температур 300–350°C знижує рівень залишкових напружень, і таким чином, зменшує схильність матеріалу зміцнених кромek лопаток до крихкого руйнування. Такий відпуск найбільш ефективно проводити також шляхом швидкісного нагріву СВЧ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ МЕТАЛУ ШВІВ ДО УТВОРЕННЯ ГАРЯЧИХ ТРІЩИН ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПЕРЕМІШУВАННЯМ

Порутчиков Р.В., Маршуба В.П.

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

В сучасній промисловості широко використовуються різні марки аустенітних сталей, хоча все одно переважній кількості випадків перевагу віддають хромонікелевим сталям. Низька стійкість металу шва на етапі кристалізації розплаву ванни і виникнення гарячих тріщин (ГТ) в металі шва являє серйозну загрозу при зварюванні. Численними дослідженнями встановлено, що електромагнітне перемішування (ЕМП) як метод управління кристалізацією зварних швів, подрібнення їх структури, підвищення стійкості проти утворення ГТ.

Ціль роботи – дослідження і процесу дугового зварювання з ЕМП, стосовно до проблеми підвищення стійкості металу швів до утворення ГТ.

Об'єктом досліджень слугує зразок з хромонікелевої сталі 08X18H10T розміри $3 \times 30 \times 70$ мм. Зазор між зразками становив 1,5 мм в зразку також використовуються технологічні планки виготовлені з того ж матеріалу що і зразок і мають розмір $70...80 \times 40$ мм. Складові зразки зварюються в стик з деформацією поперек шва на розривній машині типу ЛТП-1-4. Зразок зварюється методом TIG (Tungsten Inert Gas) в аргоні (Ar) з ЕМП. Зварювальні параметри: 1) сили струму (210...230А); швидкість зварювання (40...50 м/год.), магнітна індукція (20 мТ); інтервалу реверсування (0,2 с).

На підставі даного дослідження і отриманих даних були побудовані графіки. З'ясовано наступне: 1) при зварюванні з ЕМП значення температурного інтервалу крихкості (149) менші аніж без ЕМП (180); 2) бал зерна у зразків з ЕМП нижчий аніж без ЕМП. Таким чином зварювання з ЕМП скорочує температурний інтервал крихкості на 18% та запобігає появі гарячих тріщин.

СТРУКТУРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ ПОКРЫТИЙ НИТРИДОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ (TiZrNbVHf)N и (TiZrNbVHfTa)N

Постельник А.А., Соболев О.В.

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

В последние годы структурная инженерия является основным методом получения материалов с заданными свойствами благодаря использованию сильно неравновесных методов формирования материалов. Базовой тенденцией для получения необходимых функциональных свойств стало увеличение числа элементов, и создание многокомпонентных высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), которые могут обладать повышенной прочностью в сочетании с хорошей стойкостью к окислению и коррозии. Главной отличительной особенностью ВЭС является наличие разнородных атомов элементов в решетке твердого раствора. Благодаря высоким механическим свойствам и термической стабильности, защитный слой может поддерживать функциональность инструментов в тяжелых условиях работы и в течение длительного времени.

В данной работе в качестве составляющих высокоэнтропийный сплав были выбраны переходные металлы с высокой величиной выигрыша свободной энергии при образовании нитрида.

Осаждение покрытий проводили в усовершенствованной установке «Булат-6». Исследование структурно-напряженного состояния проводилось на дифрактометре ДРОН-4 в излучении $\text{Cu-K}\alpha$. Изучение фазового состава, структуры (текстуры, субструктуры) производили с помощью традиционных методик рентгеновской дифрактометрии. Элементный состав участков покрытия был определен микрорентгеноспектральным методом на электронно-зондовом микроанализаторе «CAMEBAX-microbeam». Исследование стойкости к абразивному изнашиванию проводили на приборе «CSM Instruments CALOWEAR».

Исследовано влияние давления азота при осаждении вакуумно-дуговых (TiZrNbVHf)N и (TiZrNbVHfTa) покрытий на их фазово-структурное состояние, субструктуру и стойкость к абразивному износу. Установлено, что в многоэлементных (на основе высокоэнтропийных сплавов) (TiZrNbVHf)N и (TiZrNbVHfTa) покрытиях, полученных в атмосфере азота в диапазоне давлений азота $P_N = 2.5 \cdot 10^{-4} \dots 4.5 \cdot 10^{-3} \text{Торр}$, формируется однофазное состояние (на основе кубической кристаллической решетки структурного типа NaCl). Использование многоэлементного состава при однофазном состоянии с кубической решеткой позволяет для (Ti-V-Zr-Nb-Hf-Ta)N покрытий достичь высоких значений микродеформации (до 1,2%) при низком давлении осаждения. Выявлено, что высокоэнтропийные нитридные покрытия с низким абразивным износом характеризуются размером зерен-кристаллитов менее 50 нм, отсутствием или низким уровнем совершенства текстуры [111], а также наличием достаточно высокой микродеформации в кристаллитах (достигающей 1,2%).

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ NbN/Cu МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ

Постельник А.А., Краевская Ж.В., Сагайдашников Ю.Е.

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

Традиционным подходом при создании новых материалов является выбор одного элемента в качестве базового. Среди нитридов большое внимание уделяется нитриду ниобия (NbN). Это связано с тем, что NbN имеет высокую температуру плавления (около 2500 К), что определяется большой энергией связи NbN (14.81 эВ). Покрытия на основе NbN демонстрируют множество интересных свойств, таких как высокая твердость и электропроводность, термостойкость и химическая инертность.

Многослойные покрытия были получены вакуумно-дуговым методом на установке «Булат – 6». Давление рабочей (азотной) атмосферы при осаждении составляло $P_N = (3...30) \cdot 10^{-4}$ Торр. Исследование фазово-структурного состояния проводилось на дифрактометре ДРОН-4 в излучении Cu-K $_{\alpha}$.

Для установления закономерностей структурной инженерии вакуумно-дуговых покрытий на основе нитрида ниобия в многослойной композиции NbN/Cu изучено влияние основных физико-технологических факторов (толщина слоев, давление азотной атмосферы и потенциал смещения) на структурно-фазовое состояние покрытий. Установлено, что при увеличении толщины слоев нитрида ниобия от 8 до 40 нм (в многослойной композиции NbN/Cu) происходит изменение фазового состава от метастабильного δ -NbN (кубическая кристаллическая решетка, структурный тип NaCl) до равновесной ϵ -NbN фазы с гексагональной кристаллической решеткой. При низком давлении $P_N = 7 \cdot 10^{-4}$ Торр в тонких слоях (толщиной около 8 нм) вне зависимости от U_b происходит формирование δ -NbN фазы. Причиной стабилизации этой фазы может быть однотипность металлической ГЦК кристаллической решетки δ -NbN фазы с кристаллической решеткой Cu. При увеличении давления от $7 \cdot 10^{-4}$ Торр до $3 \cdot 10^{-3}$ Торр происходит образование более равновесной ϵ -NbN фазы с гексагональной кристаллической решеткой.

Увеличение потенциала смещения при осаждении от -50 В до -200 В в основном влияет на изменение преимущественной ориентации роста кристаллитов. В тонких слоях δ -NbN фазы (около 8 нм) формируется текстура кристаллитов с осью [100]. В слоях толщиной 40-120 нм преимущественно формируются кристаллиты ϵ -NbN фазы с плоскостью гексагональной решетки (004) параллельной плоскости роста. При наибольшей толщине слоев (более 250 нм) происходит преимущественное формирование кристаллитов ϵ -NbN фазы с плоскостью гексагональной решетки (110) параллельной плоскости роста.

Полученные результаты показывают большие возможности структурной инженерии в нитриде ниобия при его использовании в качестве составляющего слоя многослойной периодической системы NbN/Cu.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА СМЕЩЕНИЯ ДЛЯ СТРУКТУРНОЙ ИНЖЕНЕРИИ ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ

Постельник А.А., Соболев О.В., Мейлехов А.А., Сагайдашников Ю.Е.

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

В последние годы структурная инженерия активно используется для получения новых многокомпонентных (высокоэнтروпийных) сплавов содержащих (в качестве базового материала) пять и более элементов в равных (эквиатомных) пропорциях. Такие сплавы образуют неупорядоченные твердые растворы. По сравнению с традиционными материалами высокоэнтропийные сплавы имеют значительно более высокие функциональные свойства. К таким свойствам относятся: высокотемпературная стабильность, высокая прочность и высокая пластичность и вязкость разрушения.

Покрyтия осаждались вакуумно-дуговым методом на модернизированной установке «Булат-6». В процессе осаждения на полочку подавался постоянный отрицательный потенциал смещения $U_b = -40, -110$ и -200 В. Осаждение покрyтий осуществлялось при давлении $P_N = 5 \cdot 10^{-3}$ Торр. Предварительно изготовлялся катод необходимого состава путем вакуумно-дугового переплава многокомпонентной смеси порошков чистых металлов. Исследование фазово-структурного состояния проводилось на дифрактометре ДРОН-4 в излучении Cu-K_α . Микроиндентирование проводили на установке «Микрон-гамма» при нагрузке до $F=0,5$ Н алмазной пирамидой Берковича с углом заточки 65° , с автоматически выполняемыми нагружением и разгрузением на протяжении 30 секунд.

Изучено влияние отрицательного потенциала смещения ($U_b = -40, -110$ и -200 В) при осаждении многоэлементных покрyтий на их состав, структуру и механические свойства. Показано, что при использовании высокоэнтропийного многоэлементного (из 7 элементов) FeCoNiCuAlCrV сплава можно получить однофазный нитрид $(\text{FeCoNiCuAlCrV})\text{N}$. Нитрид имеет ГЦК кристаллическую решетку (структурный тип NaCl). Установлено, что при увеличении U_b в структурном состоянии происходит переход от практически нетекстурированного (поликристаллического) к преимущественной ориентации роста кристаллитов с осью текстуры $[111]$ (при $U_b = -110\text{В}$) и $[110]$ (при $U_b = -200\text{В}$). Это сопровождается уменьшением периода решетки, а также понижения твердости и модуля упругости. Для покрyтий $(\text{FeCoNiCuAlCrV})\text{N}$ наибольшая твердость 38 ГПа достигается при использовании наименьшего (-40В) потенциала смещения в процессе осаждения. Показано, что для достижения высокой твердости при больших U_b необходимо увеличивать содержание в высокоэнтропийном сплаве элементов с высокой нитридообразующей способностью.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ХРОМАНСИЛЮ

Протасенко Т.О., Пахомов В.Г.

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

Хромокремніймарганцові сталі – хромансил – сталі 20ХГС, 25ХГС і 30ХГС мають високу міцність, достатню пластичність і добру зварюваність. З них виготовляють стикові зварені вузли, кронштейни, деталі для кріплення та інші. Ці сталі широко використовуються в автомобілебудуванні та авіації у вигляді листів і труб для відповідальних зварних конструкцій.

Сталь 30ХГС поліпшують або ізотермічно загартовують на нижній бейніт у розплавленій солі при 280–310°C, що надає їй ще більш високі механічні властивості ($\sigma_b = 1650$ МПа; $\sigma_{0,2} = 1300$ МПа; $\delta = 9$ %; $\psi = 40$ % КСУ = 0,4 МДж/м²), що знижує чутливість до надрізів.

Об'єктом досліджень є зразки сталі марки 30ХГСА. Метою досліджень є вивчення впливу параметрів зміцнюючої термічної обробки на структуру, механічні та експлуатаційні властивості сталі марки 30ХГСА. У процесі роботи проведений комплекс механічних досліджень зразків сталі марки 30ХГСА після різних режимів термічної обробки. На основі аналізу механічних досліджень вивчені структурні зміни, що відбуваються в зразках сталі марки 30ХГСА.

На основі отриманих даних встановлено, що:

- 1) оптимальний структурний стан може бути досягнений при виконанні всіх параметрів термічної обробки;
- 2) виявлено вплив різних видів термічної обробки на структуру та твердість сталі 30ХГСА (хромансил).

У процесі роботи були проведені наступні види термічної обробки: нормалізація, гартування від різних температур, а також високий відпуск зразків загартованої сталі.

Показано, що перегрівання при гартуванні та зварюванні негативно впливають на структуроутворення мартенситу.

Проаналізувавши отримані експериментальні результати комплексного дослідження впливу термічної обробки на структуру і властивості конструкційної легованої сталі 30ХГСА, можна зробити наступні висновки:

- 1) Після термічної обробки конструкційної сталі 30ХГСА, механічні властивості даної марки значно покращились.
- 2) Оптимальною термічною обробкою для сталі 30ХГСА є поліпшення. З метою уникнення окрихчення під час високого відпуску необхідно прискорене охолодження деталей зі сталі 30ХГСА.
- 3) Перегрівання під час гартування призводить до несприятливого поєднання механічних та експлуатаційних властивостей.

Результати досліджень можуть бути використані на виробництві й у науково-дослідних роботах.

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ 16Х3НВФМБ-Ш ДЛЯ ВИСОКОЇ ОБРОБЛЮВАНОСТІ РІЗАННЯМ

Реброва О.М.

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

Для забезпечення можливості обробки різанням необхідна невелика твердість на рівні 22-26 HRC і відповідна структура сталі. Якісна обробка різанням сталі 16Х3НВФМБ-Ш досягається при застосуванні запропонованої технології термічної обробки по режиму: нагрів до температур вище критичних, а саме 910-930°C з наступним охолодженням в маслі, що забезпечує отримання бейнітної структури з виділенням зернистих карбідів з твердістю близько 40 HRC.

Після проведення відпуску при температурі 680°C протягом 3 годин твердість знижується до 22-26 HRC, при цьому структура зберігає бейнітний характер.

Однак практика показує, що, незважаючи на низьку твердість, обробка різанням протікає незадовільно. У зв'язку з цим для вивчення кінетики зміни твердості зразки сталі піддавалися обробці по режимах: нагрів 920°C з витримкою 0,5 години з наступним загартуванням в маслі і відпуском в широкому інтервалі температур: 400- 750°C на протязі 3-х годин.

Проведені дослідження показали, що необхідна твердість сталі 16Х3НВФМБ-Ш забезпечується після нагрівання до 920°C і охолодження в маслі з наступним відпуском в інтервалі температур 650-700°C. Однак при цьому у всіх випадках зберігається бейнітна спрямованість структури з виділеннями зерен карбідів.

Задовільну обробку різанням забезпечують структури, які отримують при ізотермічному розпаді аустеніту в перлітній області і структур, одержуваних після відпуску мартенситу поблизу субкритичних температур. Оскільки досліджувана сталь відноситься до бейнітного класу, при охолодженні в маслі та на повітрі вона набуває бейнітну структуру з твердістю до 40 HRC. Загартування в маслі з подальшим відпуском при 700-750°C хоча і не відрізняється за твердістю від загартування у воді, проте призводить до формування структури з спрямованістю бейніту. Однак при різанні така структура ускладнює обробку.

Охолодження у воді призводить до утворення структури мартенсит з твердістю до 45 HRC. Відпуск при температурі 750°C протягом 1 години формує структуру сорбіт відпуску з твердістю 18 HRC, а відпуск при температурі 600-650°C забезпечує твердість 20-28 HRC. Такий режим забезпечує отримання структури з необхідною для обробки різанням твердістю 22-26 HRC.

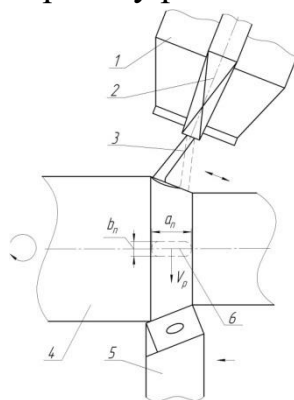
ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАЗМОВО - МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Рязанцев А.О., Нечаєв В.П.

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг

Плазмова дуга має широкі технологічні можливості та викликає ряд явищ: збільшення здатності металу до пластичної деформації; зниження його міцності; виникнення системи структурних перетворень у поверхневих шарах; зміна параметрів тертя на контактних поверхнях заготовки та інструмента та ін. [1]. Міняючи параметри швидкості відносного переміщення заготовки та джерела нагрівання, теплової потужності плазмової дуги, можна досягти збільшення ступеня прояву тієї сторони плазмового впливу на матеріал заготовки, домінування якої вважається доцільним для даного випадку [2].

В основу процесу плазмово-механічної обробки (ПМО) було поставлено підвищення продуктивності процесу різання та підвищення стійкості різального інструменту. Технічний результат від використання моделі ПМО заготовок із твердою ливарною кіркою або з важкооброблюваних сплавів, забезпечує поліпшення їх оброблюваності. Це вирішується за рахунок плазмового нагрівання припуску без оплавлення дугою, що спрямована фронтально до поверхні різання та коливної щодо свого середнього положення із частотою зовнішнього змінного магнітного поля поперек вектору швидкості різання (V_p), з амплітудою, рівної 0,8 – 0,9 ширини поверхні різання (мал.1). Параметри режиму нагрівання встановлюють так, щоб забезпечити знеміцнення поверхневого шару деталі на задану глибину, що дозволяє підвищити ефективність процесу різання та збільшити стійкість інструмента.



- 1 – плазмотрон прямої дії;
- 2 – магнітно-відхиляюча система;
- 3 – плазмовий струмінь (потік);
- 4 – заготовка;
- 5 – різець;
- 6 – опорна пляма контакту з розмірами a_n і b_n

Рис. 1. Схема процесу плазмово-механічної обробки

В результаті на оброблюваній поверхні виникає область термічно знеміцненого металу, що дозволяє збільшити продуктивність механічної обробки внаслідок відсутності оплавлення поверхні заготовки, зменшенні ступеня перегріву різця й, внаслідок цього, збільшенні його періоду стійкості.

Література:

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982. 320 с.
2. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М: Машиностроение, 1977. 304 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАННЯ: ГІБРИДНЕ ЛАЗЕРНО-ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Семенов С.О., Маршуба В.П.

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

Гібридними технологіями в загальному випадку називаються технології одночасного впливу різних методів на матеріал: обробка електричною дугою і лазерною імпульсною дією. Переваги гібридних технологій треба розглядати стосовно, як до одного джерела, так і до іншого.

Основні переваги лазерних гібридних технологій полягають в тому, що при об'єднанні двох джерел в одне джерело нагріву, вдається нівелювати недоліки кожного з цих методів і в той же час домагатися принципово нового ефекту, але технологічними можливостями цього методу. Використання гібридних лазерних технологій, наприклад, дозволяє знизити собівартість зварювання погонного метра шва, підвищити якість зварювання різних матеріалів або збільшити продуктивність традиційних методів зварювання.

Гібридна лазерно-дугова зварка - це поєднання в одному джерелі лазерного випромінювання з електричної дуги. Однак в своєму подальшому розвитку він наштовхується на ряд труднощів, пов'язаних з недостатньою щільністю енергії цього джерела і труднощами здійснення процесу на великих швидкостях, коли відбувається зрив дуги і виходить неякісне проплавлення. У той же час і лазерний процес має свої недоліки, які за рахунок застосування електричної дуги, можуть бути усунені.

Лазерно-плазмова технологія - це поєднання лазерного променя з плазмовим розрядом. Переважно на сьогоднішній день для цього розглядаються плазмотрони, у яких лазерний промінь проходить через плазмовий струмінь. Існує два види плазматронів: прямої і непрямої дії. У прямого анодом є виріб, у непрямого анодом є корпус самого плазмотрону.

Першим видом можна здійснювати процеси зварювання, різання, наплавлення. Другий вид може здійснювати процеси обробки діелектричних матеріалів, застосовується для гарту, нанесення покриттів і т.п.

Основні переваги цього методу засновані на тому, що лазерний промінь, проходячи через плазмовий струмінь, значно збільшує температуру плазмового факела, тим самим збільшується електропровідність і відповідно збільшується концентрація електричної енергії в плазмі, тобто і дуга стає більш концентрованою. Ці можливості більшої концентрації плазмової дуги при проходженні лазерного променя створюють так званий «синергетичний ефект», підвищення ефективності проплавлення цього матеріалу. Також є можливість за допомогою лазерно-плазмових технологій здійснювати процеси нанесення покриттів, при відповідній конструкції плазмотрона.

ОБРОБКА СИГНАЛІВ ЗОБРАЖЕНЬ МЕТОДАМИ ЛІНІЙНОЇ ТА НЕЛІНІЙНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

Сівак Є.М.

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

Суттєву роль лінійні системи грають при проектуванні фільтрів або, в загальному випадку, систем для обробки сигналів зображень. Коли проводиться проектування лінійної частини системи обробки сигналів, в більшості випадків можна обґрунтувати прийняті рішення та вести проектування за допомогою формальних розрахункових процедур. З другого боку, при розрахунку нелінійної частини частіше доводиться керуватися інтуїцією і емпіричними судженнями. Поняття узагальненої суперпозиції дає можливість в деяких випадках застосувати до класу задач нелінійної фільтрації формальний метод, який є розширенням формального підходу, що лежить в основі лінійної фільтрації. Задача лінійної фільтрації як це констатується, пов'язана з застосуванням лінійної системи для витягання сигналу із суми сигналу та шуму.

З точки зору векторного простору завданням лінійної фільтрації можна вважати визначення такого лінійного перетворення в векторному просторі, яке зводить довжину або норму вектора похибки до мінімуму. Норма для даного векторного простору визначає критерій похибки, який використовується.

В багатьох випадках, коли сигнал підсумовується з шумом, лінійна система не є кращою системою. Узагальнення поняття лінійної фільтрації можна зробити при фільтрації сигналу та шуму, які комбінуються неаддитивно, лише при умові, коли правило їх комбінування задовольняє алгебраїчним постулатам векторного додавання.

На практиці при розв'язанні більшості задач лінійної фільтрації для оптимального вибору фільтра звичайно не виконуються формальні розрахунки, самим розповсюдженим критерієм похибки є середньоквадратична похибка (або інтегральна квадратична похибка для аперіодичних сигналів). Підхід до нелінійної фільтрації, заснований на узагальненій суперпозиції, є лише одним із багатьох можливих підходів. Основна його цінна якість полягає в тому, що як і при лінійній фільтрації просумованих сигналів, він зручний з точки зору аналізу і фактично зводиться до проблеми лінійної фільтрації.

ВПЛИВ СИЛІКАТУ НАТРІЮ НА ФАЗОУТВОРЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ МДО-ПОКРИТТІВ НА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ

Субботіна В.В., Білозеров В.В., Соболев О.В.

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

Мікродугове оксидування(МДО) є продовженням методу анодування. Головною відмінністю МДО є використання енергії електричних мікророзрядів, які хаотично мігрують на поверхні оброблюваних виробів і утворюють термічний і плазмохімічний вплив на покриття. Мікродугове оксидування дозволяє отримувати на вентильних металах багатофункціональні покриття з унікальним комплексом властивостей (зносостійкі, корозійностійкі, теплостійкі)

На даний момент в технології мікродугового оксидування алюмінієвих сплавів не має узагальнюючих закономірностей, які дають можливість вибирати режими оксидування, які б дозволили сформувати на оброблюваній поверхні оксидний шар з високою зносостійкістю, з високими теплостійкими, діелектричними та корозійностійкими характеристиками. Умови електролізу впливають на фазовий склад покриття і, як слід, на їх властивості.

Метою даної роботи є вивчення закономірностей фазоутворення покриттів на алюмінієвих сплавах Д16, АМг6 та АВ в процесі їх формування у водному електроліті, в якому міститься 10 – 50 г/л натрієвого рідкого скла (Na_2SiO_3). Досліджено фазовий склад покриття та їх мікротвердість в залежності від параметрів анодно-катодного оксидування в режимі мікродугових розрядів.

В роботі показано, що мікродугове оксидування у силікатному електроліті забезпечує високу швидкість (3 – 5 мкм/хв) формування покриттів при вмісті Na_2SiO_3 в електроліті ≥ 25 г/л. Фазовий склад покриття залежить від змісту електроліту і товщини покриття. Високу твердість (≥ 11000 – 13000 МПа) мають покриття, отримані в електроліті із вмістом рідкого скла не більше 20–25 г/л. Зміна товщини покриття і складу електроліту дозволяє суттєво змінювати фазовий склад та властивості покриттів. При збільшенні рідкого скла в електроліті структура покриттів змінюється від кристалічної будови до рентгеноаморфної. В цьому випадку твердість змінюється від 5000 – 13000 МПа. Результати роботи дозволяють рекомендувати використовувати електроліти з малим вмістом силікату натрію для формування зносостійких покриттів; із великим – для захисних покриттів.

В роботі використані оптична мікроскопія, рентгенівська дифрактометрія, вимірювання мікротвердості, товщини покриттів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОЗМІНИ МЕТАЛУ ПРИ КУВАННІ ПОКОВОК З ТИТАНОВОГО СПЛАВУ НА КУВАЛЬНОМУ ГІДРАВЛІЧНОМУ ПРЕСІ

Чухліб В. Л.¹, Дуванський О. М.¹, Біба М.В.²

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²*Micas Simulation Ltd, Oxford, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland*

Вступ. Розвиток сучасного машинобудування базується на використанні все більш нових технологій та матеріалів. Титанові сплави мають високі показники механічних властивостей, і відповідно, потребують спеціальних режимів деформації, а також мають досить високу ціну. З цього випливає, що розробка оптимальних режимів деформації при куванні поковок для отримання більш високої якості є актуальною проблемою.

Мета дослідження. Відомо, що титанові сплави потребують спеціальних режимів деформації для запобігання появи дефектів. Для цього розробляються спеціальні технологічні процеси кування, в яких особливу роль відіграють режими обтисків і кантувань. Тому в даній роботі було проведено дослідження напружено-деформованого стану поковки зі злитку титанового сплаву ВТ-20 при куванні з метою розробки оптимальної технології отримання якісної кованої продукції.

Матеріал та результати роботи. Технологічний процес кування відбувається на ковальському гідравлічному пресі з номінальною силою 20 МН, якій використовується на ТОВ «Дніпропрес Сталь» (м. Дніпро) з титанового злитку від Науково-технічного комплексу "Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона" НАН України. ТОВ «ДніпропресСталь»- металургійний завод з виробництва поковок із нержавіючих, легованих, жаростійких сталей і сплавів від виплавки до готового виробу.

Для розрахунку і аналізу напружено-деформованого стану використовувалась програма QForm – програмний комплекс для моделювання та оптимізації процесів кування, розроблений фірмою «КванторФорм». Використання даної програми дозволяє більш ефективно розробляти технологічний процес кування, що забезпечує зниження кількості браку.

Безпосередній аналіз напружено-деформованого стану поковки проведений при використанні методу оцінки нерівномірності розподілу деформації, який розроблений Чухлібом В.Л.. За допомогою отриманих залежностей розподілу температури, напружень та величини деформації проведений аналіз напружено-деформованого стану поковки.

Висновки. Покращення якості поковок можливий за рахунок розробки та дослідження оптимальної технології кування, які складаються в отриманні мінімальної різниці розподілу деформації в перерізі поковки за розробленою схемою кування титанового сплаву ВТ-20. Покращення якості кування поковок зі сплаву ВТ-20 є актуальною та маловивченою проблемою на даний момент та потребує подальшого глибокого вивчення і аналізу.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОЗМІНИ МЕТАЛУ ПРИ КУВАННІ ПОКОВОК З АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ НА ПАРОПОВІТРЯНОМУ КОВАЛЬСЬКОМУ МОЛОТІ

Чухліб В.Л.¹, Палієнко В.О.¹, Біба М.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Micas Simulation Ltd, Oxford, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

Вступ. Алюмінієві сплави є технологічними в обробці металів тиском при виробництві різних складних видів продукції з високими механічними та спеціальними властивостями для різних галузей промисловості. Саме ці якості роблять їх одними з найбільш перспективних матеріалів і тим самим розробка і вдосконалення ефективної, ресурсозберігаючої технології кування для виробництва деталей з алюмінієвих сплавів є актуальною науково-технічною задачею, метою якої є обґрунтований вибір і розробка ефективних технологічних схем і режимів для виготовлення деталей з алюмінієвих сплавів методами осаджування та протягування.

Метою дослідження є поліпшення якості продукції, а також механічних властивостей матеріалу за рахунок раціонального використання двох ковальських операцій - осаджування та протягування на ковальському пароповітряному молоті.

Матеріал та результати роботи. Спочатку роботи в системі проектування «Компас 3D» були створені моделі заготовки і інструменту для кування на молоті, а далі з використанням сучасного програмного комплексу QForm для моделювання процесів пластичної деформації за спроектованою схемою деформації було проведено дослідження процесу кування алюмінієвого сплаву В95 шляхом осаджування та протягування та їх комбінування. В результаті роботи були отримані поля розподілу температури, деформації та напружень.

За допомогою розробленого методу нерівномірності деформації, чітко видно відхилення деформації в перерізах. Також виконаний аналіз напружено-деформованого стану завдяки графікам розподілення температур, деформації та напружень.

Висновок. Моделювання в програмному комплексі QForm показало, як поводить себе метал при різних ступенях деформації, а саме при осаджуванні та протягуванні на ковальському пароповітряному молоті. При використанні двох плоских бойків відбувається "локалізація" деформації, яка безпосередньо впливає на значну нерівномірності деформації. Аналіз розподілу деформації в прибойковому просторі показує, що утворюється різниця деформації, яка може привести до утворення тріщин і саме раціональне комбінування режимів деформації сприяє отриманню якісної кованої продукції за розробленими авторами схемами кування.

РОЗРОБКА ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОЯКІСНИХ ВИЛИВКІВ

Швець М.В., Пономаренко О.І.

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

Ливарний стрижень, вживана в ливарному виробництві відокремлена частина ливарної форми, що оформляє переважно внутрішні порожнини виливків. У тих випадках, коли конфігурація ливарної моделі утрудняє її витягання з ливарної форми, ливарний стрижень використовують і для формування зовнішніх частин виливків. Ливарні стрижні виготовляють на стрижневих машинах, із спеціальних стрижневих сумішей з подальшою їх сушкою або затвердінням, у тому числі безпосередньо в стрижневих ящиках.

У сучасних умовах розвитку ливарного виробництва для отримання в тонкостінних виливках внутрішніх порожнин і піднутрень використовуються легковидаляемі соляні стрижні. Однією з переваг соляних стрижнів є те що їх не треба вибивати, іншими словами їх легко можна видалити з готової деталі. До таких стрижнів висувають такі вимоги: вони повинні мати гарну міцність на вигин, міцність на стиск, гарну текучість, малу усадку, формувати якісну поверхню виливки.

Основною задачею є розробка прогресивних технологій виготовлення стрижнів на основі сольової композиції з використанням зв'язуючого Recril Slow Set C та затверджувача Dursil C1, оскільки їх застосування дозволить отримувати високоякісні виливки та покращити стан навколишнього середовища. Для цього були поставлені наступні задачі:

- вивчити сучасний стан питання з проектування технологічного процесу отримання соляних стрижнів;
- вивчити властивості соляних стрижнів на основі використання методик визначення міцності на стиск, обсипальності, живучості та залишкової міцності сумішей.
- експериментально визначити і встановити закономірності наростання міцності суміші, закономірності зміни залишкової міцності, живучості та обсипальності з використанням зв'язуючого Recril Slow Set C та затверджувача Dursil C1.

Були розроблені математичні моделі властивостей сумішей на основі планованого експерименту з використанням зв'язуючого Recril Slow Set C та затверджувача Dursil C1, оптимізовано їх склад, що дозволило підвищити якість алюмінієвих виливків в ливарному виробництві.

ВЛИЯНИЕ АЛМАЗНОГО И АЛМАЗНО-ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ НА МАКРОНАПРЯЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СТАЛЕЙ

Шевченко С.М.

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

В процессе алмазно-искрового шлифования (АИШ) углеродистых инструментальных сталей реализуются условия для формирования в поверхностном слое (ПС) структуры гарденита с высокой твердостью (10000–12000 МПа).

Целью работы было исследование уровня макронапряжений ПС деталей из сталей У7 и У12 в результате АИШ в сравнении с алмазным шлифованием (АШ).

Установлено, что после АШ возникают сжимающие макронапряжения. Режим АШ №1, с большей глубиной шлифования ($t = 0,07$ мм), формирует напряжения сжатия более высокой величины: -855 в стали У7 и -1259 в стали У12 по сравнению с режимом АШ №2 ($t = 0,035$ мм): -696 МПа в стали У7 и -815 в стали У12, что доказывает преобладающее действие деформационного упрочнения в режиме АШ №1.

В результате АИШ по режиму №1 ($t = 0,07$ мм, $I = 80-100$ А) формируются незначительные сжимающие напряжения в стали У7: -131 МПа, и высокие растягивающие напряжения в стали У12: +1052 МПа. Это объясняется наличием в структуре ПС большого количества аустенита остаточного. Кроме того, карбиды цементита в структуре заэвтектоидной стали У12 явились преградой для свободного продвижения тепла вглубь металла, что стало причиной локального нагрева ПС стали, структура которого претерпевала неравномерные фазовые превращения, из-за неоднородного растворения карбидной фазы в твердом растворе. Структура состоит из гарденита, аустенита остаточного и нерастворившихся карбидов. Режим АИШ №2 ($t = 0,035$ мм, $I = 20-40$ А), формирует на поверхности стали У7 растягивающие напряжения +472 МПа и сжимающие напряжения в ПС стали У12: -184 МПа, структура состоит из гарденита и карбидов. Растягивающие напряжения стали У7 объясняются наличием в ПС отпускных структур (троостита).

Таким образом, напряженное состояние определяется химическим составом и структурными особенностями исследуемых сталей; величина и знак напряжений, которые формируются в сталях после АШ и АИШ, обусловлены различным влиянием силового и теплового факторов в данных процессах.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ І РІВНЯ ЗМІЦНЕННЯ МІТЧИКІВ ПІСЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ІОННОГО АЗОТУВАННЯ З СВЧ ТА ПІЧНОЮ ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

Шевченко С.М., Жулінський М.В.

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

В деяких технологіях, в основному закордонних, є приклади, коли термічну обробку проводять відразу після азотування, в єдиному виробничому циклі без вивантаження деталей. При цьому формується поверхневий шар з пересиченим С і N α -твердим розчином. Але, неможливо проводити термічну обробку після азотування в єдиній установці для сталей, які мають більш високу температуру гартування в порівнянні з температурою азотування, наприклад, сталі 9ХС, ХВГ, Х12М та інші. Для таких сталей необхідно проводити термічну обробку після азотування застосовуючи інше обладнання: СВЧ або пічне.

Мета роботи: дослідження впливу комплексного іонного азотування, що містить СВЧ-гартування, СВЧ та пічне гартування з низьким відпуском після іонного азотування на структуру і властивості поверхневих і приповерхневих шарів мітчиків зі сталі 9ХС.

Встановлено, що термічна обробка після азотування сприяє дифузії азоту на більшу глибину, а саме, до 2 мм; середня концентрація азоту на цій глибині біля 1%.

Аналіз впливу режимів комплексного іонного азотування на рівень зміцнення проводили відносно твердості після класичної термічної обробки: гартування та низького відпуску без азотування – 7200 МПа. Для цього прораховували всі значення приросту твердості по перерізу мітчиків, та отримали середнє значення приросту відносно встановленого рівня.

Результати дослідження показали, що мітчики отримують значне зміцнення в результаті СВЧ та пічного гартування з низьким відпуском після азотування: 9406 – 9630 МПа відповідно. При СВЧ-гартуванні час витримки для процесу дифузії азоту в глибину не достатній, тому наступний відпуск тривалістю 90 хвилин, сприяє дифузії азоту на значну глибину, структура складається з двох фаз: ферит Fe- α і аустеніт Fe- γ . Інших фаз, в тому числі і нітридів, не виявлено. Ваговий вміст фериту в зразку – 89,8% wt, параметр решітки дорівнює $a = 2,8760 \text{ \AA}$. Збільшення параметру решітки по глибині свідчить про значне збільшення концентрації розчиненого азоту в фериті. Ваговий вміст аустеніту становить 10,2% wt з параметром решітки $a = 3,595 \text{ \AA}$.

Таким чином, отримана структура тверда, але не крихка, про що свідчать випробування на виробництві.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ "КОВПАК"

Юрченко О.А., Грищенко А.Г.

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

Листове штампування деталі "ковпак" було вирішено проводити в одному штампі послідовної дії у стрічці з вирізами. Воно включає операції пробивання фігурного вікна, дві операції витягування, пробивання отвору в дні і обрізування фланцю. Оскільки внутрішні радіуси переходу дна в стінку і стінки в фланець складають 1 мм при товщині матеріалу 1,4 мм, може знадобитись також операція їх калібрування. Необхідність її виконання мало показати моделювання процесу виготовлення деталі за допомогою програми QForm VX.

Моделювання показало, що у разі виконання другого переходу витягування з малими радіусами переходу відбувається неприпустиме стоншення металу у місці переходу дна в стінку (рис.1 а).

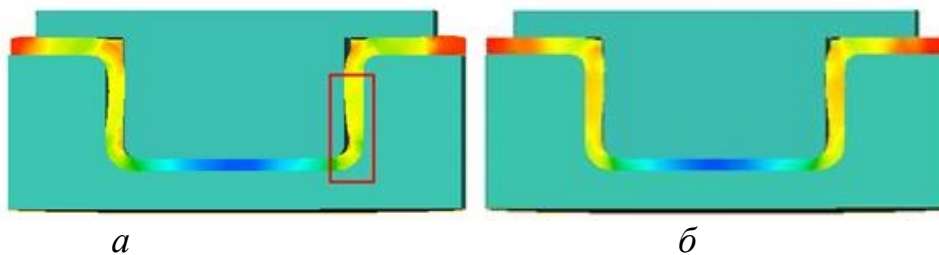


Рисунок 1 – Моделювання другого переходу витягування: а - без калібрування, б – з використанням калібрування

Натомість при виконанні другого переходу витягування з радіусами переходу 3 мм і калібруванні їх на наступній позиції штампу на 1 мм вдається отримати деталь необхідної якості (рис. 1 б).

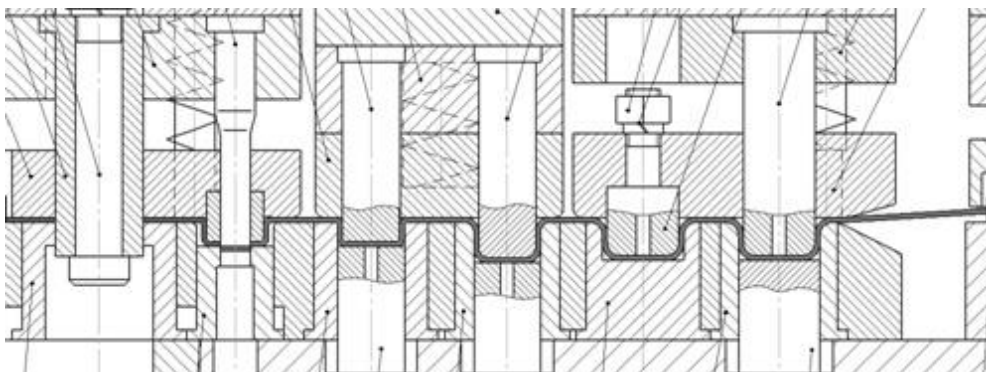


Рисунок 2 – Багатоопераційний штамп послідовної дії

Таким чином, проведено чисельне моделювання штампування деталі "ковпак" двома способами. Обраний оптимальний – з калібруванням. На цій основі сконструйовано багатоопераційний штамп послідовної дії (рис. 2).

РОЗРОБКА РЕКЛАМНОЇ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ МАГАЗИНУ МОЛОДІЖНОГО ОДЯГУ «NATIVE WEST»

Явдошенко В.С., Глібко О. А.

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

Сьогодні діяльність будь-якого підприємства, установи, або організація різноманітних заходів супроводжується зазвичай відеорядом, який розробляється з тим чи іншим ступенем деталізації та охоплює обраний комплект носіїв.

Рекламна продукція як комплексний носій візуальної та вербальної інформації є чільною у взаємозв'язку між діяльністю підприємства, виробником та споживачем. Зазвичай обов'язковою складовою такої продукції є фірмова символіка, яка повторюється на всіх носіях та об'єднує всі складові рекламної кампанії.

Це дає змогу надати рекламі потужну спрямованість, робить її більш агресивною та дієвою, здатною виконувати функціонал, а саме підвищувати обсяг продажів, зацікавлювати нових клієнтів і покупців.

Такий комплекс робіт був виконаний для магазину одягу, розрахованого на сучасну молодіжну цільову аудиторію.

У пакет рекламної продукції увійшли: фірмовий блок, візитна картка, система піктографічних знаків (для поліграфічної продукції та інтернет-сторінки), рекламний лист, сайт-візитка та тривимірний відеоролик.

Зважаючи на тематику магазину, фірмовий стиль було витримано в мінімалістичному контурному (так званому строковому) стилі, з використанням яскравих кольорів. Враховані уподобання цільової аудиторії – молоді, яка любить виглядати ефектно, стильно, але й одночасно просто без зайвого декору та химерних прикрас.

Огляд аналогів подібних підприємств дав змогу зробити висновок, що реклама одягу частіш за все базується на представленні видів продукції, її якості та на співвідношенні попиту і пропозиції. На рисунку 1 зображені елементи розробленої айдентики: фірмова символіка та піктограми.



Рисунок 1 - Фірмовий блок та піктографічні зображення продукції

В результаті виконання роботи був отриманий пакет іміджевої продукції, яка в подальшому буде виконувати комунікативні та соціальні рекламні функції.

ВПЛИВ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІДНОЇ МАТРИЦІ НА РОЗПОДІЛ ТРІЩИН У ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТАХ МІДЬ–ТАНТАЛ.

Ящеріцин Є.В., Терлецький О.С.

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

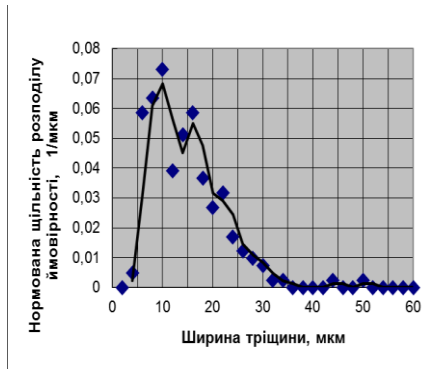


Рис. 1. Нормована гістограма розподілу ширини тріщин композиту з 1% Та

шириною та взаємним інтервалом. У [1] наведено пояснення звичайної схеми механізму їх зародження та розвитку. Проте, як і зазначено в цьому джерелі, в цьому випадку повинен спостерігатися мономодальний розподіл ширини тріщин, який ілюструє час їх виникнення. Крім того, статистичний розкид інтервалів між тріщинами не повинен бути пов'язаним з їх шириною, тобто – моментом їх виникнення. Проте на експериментальній нормованій гістограмі ширини тріщин (рис. 1) наявності бімодальний розподіл, два максимуми. З причини бімодальності було зроблено припущення, що крім звичайного механізму зростання тріщин діє додатковий. Його причиною, найбільш ймовірно, може бути вплив локальних зон міжфазних поверхонь вздовж зразку з недостатнім адгезійним зв'язком. Тобто в таких локальних зонах газонасичення шарів танталу залишковим газами з робочого простору вакуумної печі (O_2 та N_2) протікає значно активніше. Це спричиняє локальне зростання міцнісних властивостей та різке зниження пластичності у танталу. Певну роль в цьому відіграє і крупнозернистість останнього (рис 2). Тому в таких місцях перші тріщини повинні зростати до великих розмірів без формування поряд нових і мати значні інтервали з сусідніми. Виділення широких (> 16 мкм) тріщин та максимального інтервалу поруч з ними [1], аналогічно – для малих тріщин з мінімальним інтервалом поруч, свідчить на користь пропонованого механізму.

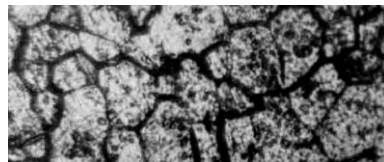


Рис. 2. Мікроструктура фольги Та (x450) чистотою 99,99 % після відпалу 1000 °C (1 година).

Література:

1. Ящеріцин Є.В. Природа походження і розподіл тріщин у шаруватих композитах мідь–тантал/ Є.В. Ящеріцин, О.С. Терлецький// Тези доповідей XXVI Міжнародної науково-практичної конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». -Х.: НТУ "ХПІ", Ч. I, (16-18 травня 2018 р., м.Харків)/ за ред. проф. Сокола Є.І., - с. 312.

СЕКЦИЯ 7. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

ВЛИЯНИЕ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВРЕМЯ ГЕМОЛИЗА ЭРИТРОЦИТОВ

Алмазова Е.Б.

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

Исследовали эритроциты донорской крови человека методом химических (кислотных) эритрограмм, определяющим качественный состав крови. Принцип метода исследования распределения эритроцитов по их кислотной стойкости состоит в фотоэлектрической регистрации убыли числа эритроцитов в процессе гемолиза, развивающихся под действием раствора соляной кислоты в стабильных условиях. Кинетика гемолиза исследовалась фотоэлектрическим колориметром типа КФК-2. Снималась зависимость оптической плотности D от времени t . Полученная кривая - статистическая дифференциальная функция распределения эритроцитов по кислотной стойкости, иначе - кислотная эритрограмма.

Были выполнены измерения кислотных эритрограмм для необлученной и облученной с помощью УФ лампы типа ВМР (экспозиции 15 и 30 минут) крови 5 доноров. Результаты соответствуют известным представлениям о переносе молекул через клеточную мембрану. Величина потока молекул через мембрану и обратно пропорциональна толщине мембраны.

УФ лучи за счет своего деструктивного действия обеспечивают отделение от эритроцитов значительной части гликокаликса - рыхлого волокнистого слоя, толщиной 3-5 нм, покрывающего поверхность клетки. После УФ облучения протяженность пути молекул, движущихся по направлению к мембране (или из клетки), уменьшается на толщину гликокаликса (из-за его разрушения). Молекулы кислоты за более короткое время приходят к мембране, чем в необлученных клетках. Соответственно, гемолиз начинается раньше; мода кривой распределения эритроцитов по кислотной стойкости сдвигается в более раннюю область. В проведенных опытах наблюдалось увеличение степени однородности статистического ансамбля эритроцитов (по кислотной стойкости). Предполагается, что величины толщин гликокаликсов эритроцитов в необлученном образце были распределены в широком интервале значений. После УФ облучения, практически все клетки теряют гликокаликс, т.е. мембраны прикрыты лишь водными примембранными слоями. Это обстоятельство и обеспечивает наблюдаемое увеличение степени однородности статистического ансамбля эритроцитов, подвергнутых УФ облучению.

Таким образом, получено: 1. УФ облучение образцов крови приводит к уменьшению времени полугемолиза, происходящего при введении кислоты в суспензию крови. При продолжительности облучения время полугемолиза монотонно уменьшается. (Экспозиции: 15 мин. на 9,3%; 30 мин. на 13,2%)

2. Мода кислотных эритрограмм сдвигается после УФ облучения. С увеличением времени облучения смещение моды в более «раннюю» область монотонно возрастает. (Экспозиции: 15 мин. на 10,4%; 30 мин. на 14,5%)

3. УФ облучение образцов крови приводит к уменьшению ширины кривой распределения, измеренной на половине высоты, т.е. УФ облучение повышает степень однородности статистического ансамбля эритроцитов. С увеличением времени облучения ширина кривой распределения монотонно уменьшается. (Экспозиции: 15 мин. на 9,0%; 30 мин. на 12,3%).

ВЛИЯНИЕ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОБМЕННЫЙ ТРАНСПОРТ ИОНОВ В ЭРИТРОЦИТАХ

Алмазова Е.Б.

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

Одним из параметров, по которому определяется уровень биологического ответа на облучение светового диапазона, является скорость встречного переноса ионов хлора Cl^- и гидроксила OH^- через мембрану.

Обработанные эритроциты вместе с водным раствором сахарозы помещались в измерительную ячейку иономера (ЭВ-74). Посредством измерения концентрации ионов водорода (величины рН среды) водородным электродом иономера (ЭСЛ-43-07) определялось количество покинувших эритроциты ионов хлора. Определив изменение уровня закисления за определенный период времени, определяли скорость спадания рН, что позволяло определить суммарный (от всех эритроцитов, содержащихся в ячейке) поток ионов Cl^- , обменивающихся на суммарный поток ионов OH^- .

Используя соотношения, описывающие зависимость потока ионов через поверхность мембраны от разницы концентраций вещества, толщины мембраны, коэффициента диффузии и пр., на основании измеренных значений получили относительное изменение толщины диффузионного примембранного слоя эритроцитов δ_D , подвергшихся облучению, по отношению к толщине указанного слоя не облученных эритроцитов.

На основе вышеописанной методики, были выполнены измерения для необлученной и облученной с помощью УФ лампы типа ВМР крови 5 доноров. Обменные потоки ионов Cl^-/OH^- у образцов, полученных от разных доноров различались. Тем не менее, во всех образцах потоки через облученные клетки превышали потоки через необлученные клетки. В результате 20 мин. облучения соотношение величин потоков, усредненных по 5 донорам равно $J(*)/J(0) = 1.17 \pm 0.05$, т.е. поток через облученные клетки возрастал по сравнению с потоком через необлученные в среднем на 17%. Соответственно, толщина диффузионного водного слоя уменьшилась на 15% или $\delta_D(*) = 0,85 \cdot \delta_D(0)$.

Этот результат коррелирует с результатом, полученным при измерении, облученных УФ эритроцитов с помощью метода парамагнитного допинга.

Установлено, что в результате УФ облучения примембранный водный слой становится тоньше для диффузии молекул воды и ионов (Cl^- , OH^-), что приводит к ускорению переноса веществ через мембрану эритроцитов.

Физический механизм данного явления состоит в том, что УФ излучение воздействует на пузырьки воздуха, находящиеся в биологической жидкости, в том числе и в примембранном водном слое, и играющие роль своеобразных «перемешивателей». Под воздействием УФ излучения увеличиваются размеры и скорость этих пузырьков, вследствие чего реализуется более активное перемешивание примембранного слоя; «эффективная толщина» его становится меньше, увеличивается проницаемость системы «клеточная мембрана плюс примембранный водный слой».

Таким образом, получено: 1. УФ излучение увеличивает скорость встречного переноса ионов через эритроцитарные мембраны.

2. Уменьшение времени полугемолиза и увеличение скорости встречного переноса ионов обусловлено уменьшением «эффективной» толщины примембранного диффузионного водного слоя.

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ІНТЕНСИВНОСТІ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Андрєєв О.М., Андрєєва О.М.

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

Визначення просторового та кутового розподілу інтенсивності світла з великою роздільною здатністю є актуальним завданням у хвильовій оптиці та лазерній техніці [1, 2]. Зазвичай, використовують фотодатчики, які рухаються за допомогою мікрометричного гвинта, що значно ускладнює процес автоматизації експерименту.

Для вимірювання інтенсивності світла в різних точках простору було розроблено та апробовано лабораторну установку, в якій кроковий двигун переміщував фоточутливий елемент. В якості фотоелемента використовували цифровий датчик освітленості TSL – 2561 [3], що має два канали зі фотодіодами, які є чутливими до різних ділянок оптичного спектру. Завдяки вбудованому в датчик 16-бітному АЦП, він може реєструвати оптичне випромінювання в видимому та ІЧ діапазонах з високою роздільною здатністю. Керування кроковим двигуном та датчиком освітленості здійснювалось мікроконтролером (ATmega 328P), який підключено до комп'ютера через USB-UART перетворювач. Оскільки, для живлення обмотки крокового двигуна необхідно струм понад 40 мА, то для його перемикання використовували окремий драйвер (Easy Driver A3967). Керуючи сигналами (кількість та величина кроків, напрям обертання) крокового двигуна поступають на драйвер з мікроконтролера. Обмін інформацією між комп'ютером та мікроконтролером здійснюється за спеціально розробленою програмою. На екрані комп'ютера відображаються кнопки управління установкою, координати датчика та данні об освітленості, а під час сканування – згладжена крива просторового розподілу інтенсивності світла. Для обробки та апроксимації отриманих даних використовується математичний пакет Matlab, котрий «працює» з мікроконтролером, як з віртуальний СОМ-портом комп'ютера.

Тестування установки здійснювалось в експериментах по дифракції лазерного випромінювання на щілині, проволоті, круглому отворі та на одновірній дифракційній ґратці. Крім цього, було визначено профіль та розходження лазерного пучка в далекій хвильовій зоні. Проведені вимірювання довели, що зазначену установку можна використовувати під час проведення лабораторних робіт з хвильової оптики та лазерної техніки.

Література:

1. Григорук В.І. Лазерна фізика: підруч. для студ. вищ. навч. закл. /В.І. Григорук, П.А. Коротков, А.І. Хижняк. - К.: «МП Леся», 1999. - 526 с.
2. Колобродов В.Г. Хвильова оптика : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В.Г. Колобродов. – К.:НТУ«КПІ ІМ. І. Сикорського», 2017. – 210 с.
3. Electronic Components Datasheet Search <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Tsl2561>.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК

Багмут А.Г., Багмут И.А., Резник Н.А.
*Национальный технический университет
 «Харьковский политехнический институт»,
 г. Харьков*

Обобщены электронно-микроскопические исследования “in situ”, касающиеся кристаллизации аморфных пленок. Основываясь на анализе структуры и морфологии кристаллов, растущих в аморфных пленках в результате воздействия электронного луча, дана количественная трактовка слоевой полиморфной кристаллизации (СПК), островковой полиморфной кристаллизации (ОПК) и дендритной полиморфной кристаллизации (ДПК). Для каждого типа кристаллизации определен безразмерный параметр относительной длины δ_0 , равный отношению характеристической длины к величине, связанной с размером элементарной ячейки кристалла. На основе видео регистрации процесса построены кинетические кривые СПК, ОПК и ДПК [1 - 3].

СПК (Cr_2O_3 , V_2O_5 , Sb_2S_3 , Se и др.) рассматривается как морфологический аналог механизма роста Франка – ван-дер-Мерве (ФМ) при росте кристалла из паровой фазы [4, 5]. В этом случае в зоне наблюдения в аморфной пленке растет одиночный плоский кристалл. По аналогии с механизмом роста ФМ энергетический критерий СПК может быть записан как $\sigma_a \geq \sigma_c + \sigma_{ac} + \epsilon_d$, где σ_a есть свободная энергия границы раздела аморфная фаза - вакуум, σ_{ac} - свободная энергия границы раздела аморфная фаза - кристалл, σ_c - свободная энергия границы раздела кристалл - вакуум и ϵ_d - энергия деформации растущего кристаллического слоя. Для СПК выполняется квадратичная зависимость доли кристаллической фазы x от времени t и $\delta_0 \sim 2500 - 4700$.

ОПК (Al_2O_3 , ZrO_2 , Ni, Re и др.) рассматривается как морфологический аналог механизма роста Фольмера – Вебера (ФВ) при росте кристаллов из паровой фазы. По аналогии с механизмом роста ФМ энергетический критерий ОПК может быть записан как $\sigma_a \leq \sigma_c + \sigma_{ac} + \epsilon_d$. В случае ОПК в зоне наблюдения в аморфной пленке растет множество мелких разориентированных кристаллов. Для ОПК выполняется экспоненциальная зависимость $x(t)$ и $\delta_0 \sim 100 - 900$.

ДПК (пленки Fe-C, HfO_2) рассматривается как морфологический аналог механизма роста Странского – Крастанова (СК) при росте кристаллов из паровой фазы. Характерным признаком ДПК является образование дендритных ветвей на сторонах плоского монокристалла [6]. Для ДПК выполняется квадратичная зависимость $x(t)$ и $\delta_0 \sim 3900$.

Литература:

- [1] A.G. Bagmut, Technical Physics Letters, 2012, vol. 38, 488-491.
- [2] A.G. Bagmut, I.A. Bagmut, Functional Materials, 2018, vol. 25, 525-533.
- [3] A.G. Bagmut, Journal of Advanced Microscopy Research, 2018, vol. 13, 451-457.
- [4] E. Bauer, H. Poppa, Thin Solid Films, 1972, vol. 12, 167-175.
- [5] A.G. Bagmut, Journal of Crystal Growth, 2018, vol. 492, 92-97.
- [6] G. Laemmlein, Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1945, vol. 48, 177-179 (in Russian).

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ Ti-Zr-Ni ПЛЕНОК ПРИ НАГРЕВЕ

Богданов Ю.С., Копылец И.А., Малыхин С.В., Суровицкий С.В.

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

Научно-технический прогресс в значительной мере определяется успехами в разработке и создании материалов с новыми физическими свойствами. В этой связи большое внимание было уделено квазикристаллам, открытым Шехтманом в 1986 году. Интерес к Ti-Zr-Ni квазикристаллам обусловлен, прежде всего, их способностью накапливать водород в виде твердого раствора в количестве до 2H/1 at.Me.

Целью данной работы являлось отработка технологии получения тонких пленок Ti-Zr-Ni квазикристаллов и изучение структурно-фазовых изменений в них при отжиге в вакууме, определение границ их температурной стабильности.

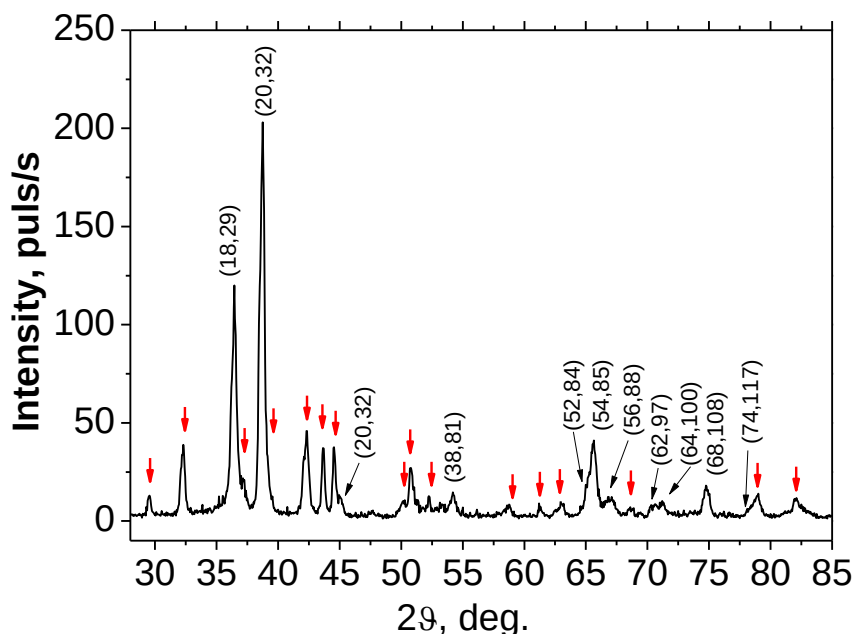


Рис. 1 – Картина дифракции от тонкой пленки состава $\text{Ti}_{41}\text{Zr}_{38,3}\text{Ni}_{20,7}$ после изотермического отжига при температуре $T=873$ К в течение 1 часа. Стрелкой отмечены отражения от 2/1 кристалла аппроксиманта.

После отжига при температуре 773 К покрытие $\text{Ti}_{53}\text{Zr}_{30}\text{Ni}_{18}$ включает две фазы: QC фаза с параметром квазикристалличности $a_q = 0,517$ нм и W-фаза с периодом решетки $a_w = 1,428$ нм и примерно равным соотношением интенсивности. Повышение температуры отжига до 873 К способствует заметному росту интенсивности отражений от квазикристалла и снижению интенсивности от W-фазы. Для мишени состава $\text{Ti}_{41}\text{Zr}_{38,3}\text{Ni}_{20,7}$ рентгенодифрактометрические исследования показали после отжига при 600°C наличие икосаэдрической квазикристаллической фазы с параметром квазикристалличности $a_q = 0.5205$ нм и фазы 2/1-аппроксиманта с периодом решетки $a_{2/1} = 2.31815$ нм (рис.1).

ПЕРВЕНЦЫ СТЕЛС-ТЕХНОЛОГИЙ В АВИАЦИИ

Быканов А.А., Сендеров А.А., Алёшкина А.М.

*ХЗОШ I–III ступени № 158, математический кружок,
г. Харьков*

Практическое появление и применение радиолокаторов (и в Англии, и в СССР) в противовоздушной обороне во время II-й мировой войны заставило инженеров всех воюющих стран придумывать способы как сделать военную технику невидимой для такого рода устройств. Об этом задумывались и специалисты немецкой люфтваффе, столкнувшись с английской радиолокационной службой ещё в 1939 г. Уже тогда, немецкие конструкторы пытались найти рациональные решения, не имея теории и действуя наощупь, эмпирическими методами.



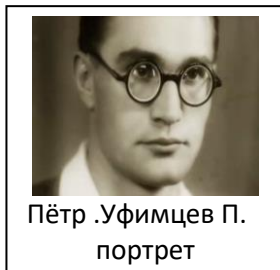
Рис.1 Хортен Но-229

1. Хортен Но 229 – первый стелс-бомбардировщик, безхвостка. Сегодня о нем говорят, как о первом в мире стелс-бомбардировщике. При этом Но-229 был первым летающим аппаратом с реактивным двигателем и стремящимся быть невидимым для радиолокаторов. Два брата: Уолтер и Реймар Хортены, немецкие изобретатели-авиаторы, предложили свое решение «Хортен Но 229».

Внешне это была гладкая бесхвостная машина, напоминающая планер, оснащенная двумя реактивными двигателями Jumo 004C. При этом, братья Хортены утверждали, что смесь древесного угля и смолы, которую они используют для изготовления фюзеляжа, поглощает электромагнитные волны и делает самолет «невидимым» на радарх. Этому же способствовала малая видимая площадь «летающего крыла» и его гладкий, как капля, дизайн. Пробные полеты с успехом состоялись в 1944 году.

Но этот единственный «Хортен Но-229» был увезен в США, где изучался и использовался как модель для сегодняшних разработок.

Теоретические основы стелс-технологий были заложены только в 1962 году в книге Петра Уфимцева "Метод краевых волн в физической теории дифракции", в издательстве "Советское радио". В этой книге ученый изложил теоретическую базу, впоследствии лёгшую в основу стелс-технологий.



Пётр .Уфимцев П.
портрет

Согласно выкладкам П.Уфимцева, если придать летательному аппарату определенную форму корпуса, который в свою очередь изготовлен из специально подобранных материалов и покрыт особым веществом, то он будет минимально отражать сигнал РЛС. Однако, в СССР того времени наработки П.Уфимцева практической реализации не нашли. Уже в наше время, эта технология снижения заметности боевых машин в радиолокационном, инфракрасном и других областях спектра обнаружения при помощи специально подобранных геометрических форм и материалов и покрытий получили название стелс-технологий (от англ. **stealth** – "уловка" или "невидимый").

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ «ДИФРАКЦІЯ»

Галушак І.В., Меньшов Ю.В., Фат'янова Н.Б.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В світі сучасних викликів до вищої освіти взагалі та, зокрема, до викладання фундаментальних наук особо гостро постає питання модернізації лабораторних практикумів до курсу загальної фізики в технічних університетах. Завданням даної праці була розробка такої лабораторної роботи за однією з основних тем розділу «Оптика», де б чітко та наочно за допомогою сучасних вимірювальних приладів досліджувалось явище дифракції з можливістю комп'ютеризації.

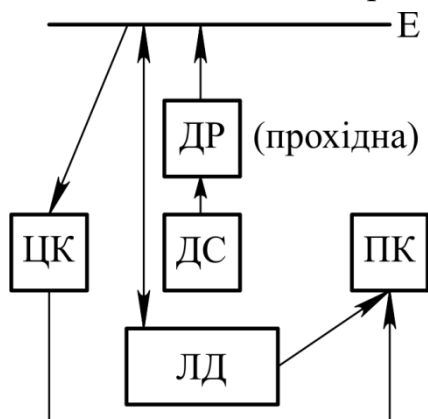


Схема запропонованої оновленої установки наведена на малюнку. ДС – джерело світла (лазер зелений Green Laser Pointer/ червоний TULaser HJ-308), Р – дифракційна ґратка, ЛД – лазерний далекомір (BOSCH GLM-50C, похибка 1мм при вимірюванні на відстані 40 м), Е – екран, ЦК – цифрова камера, ПК – комп'ютер. За допомогою лазера та дифракційної ґратки дифракційна картина отримується безпосередньо на екрані (Е). За допомогою лазерного далекоміру (ЛД), який встановлюється на штативі на одній вісі з ґраткою,

використовуючи функцію «вимір відстані», встановлюється положення 0-го максимуму. Використовуючи функції ЛД «визначити протилежний катет» та «визначити гіпотенузу» визначаються, відповідно, відстань від 0-го до m-го максимуму - а (див. формулу 1) та відстань від m-го максимуму до дифракційної ґратки – l. За допомогою цифрової камери отримуємо цифровий знімок дифракційної картини, який завантажується до програмної оболонки далекоміра. Програмна оболонка ЛД дозволяє наносити розмірні лінії безпосередньо на фотографію, отримувати значення відповідних реальних вимірів для передачі за каналом блютуз до ПК та занесення в таблицю. Для дифракційної ґратки $d \sin \phi = m \lambda$ (1), де m - порядок відповідного максимуму дифракції, ϕ - кут дифракції відповідного максимуму, $\sin \phi$ - визначається як $\sin \phi = a/l$. В випадку, коли задається період ґратки d, λ визначається за формулою $\lambda = da/ml$ (2), та навпаки $d = m \lambda l/a$ (3) за умови, що відома довжина хвилі лазера. Надана методика дозволяє виконувати фізичне дослідження дифракції малими групами студентів варіативним методом з використанням сучасних вимірювальних приладів, передавати та обробляти результати за допомогою ПК, створювати електронні звіти зі світлинами дифракційної картини, включно з відповідними результатами вимірів.

Література:

1. Г.С.Ландсберг Научные основы элементарной физики. М.: Физматлит, 2003 – 656с.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ ТЕЛУРИДУ КАДМІЮ

Доброжан А.І., Копач Г.І., Хрипунов Г.С., Харченко М.М.

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

Сонячні елементи на основі гетеросистеми CdS/CdTe вважаються перспективними для космічного використання. Зазвичай при довгостроковому впливі високоенергетичного іонізуючого випромінювання при заатмосферному використанні сонячних елементів за рахунок процесів деградації слід очікувати погіршення їх вихідних параметрів. Причиною цього може бути зміна властивостей матеріалу базового шару CdTe під дією зовнішніх випромінювань, одним з яких в космічному просторі є електронне випромінювання. Тому актуальним є дослідження впливу електронного випромінювання на структурні та оптичні властивості тонких плівок CdTe.

Плівки CdTe отримані на скляних підкладках магнетронним розпиленням на постійному струмі в режимі: температура підкладки $T_n = 280 - 320^\circ\text{C}$, тиск інертного газу аргону $P_{\text{арг}} = 0.9$ Па, струм магнетронного розряду $I = 80$ мА, напруга на магнетроні $V = 430 - 470$ В, час нанесення $\tau = 12$ хв, відстань від підкладки до мішені 3 см.

Структурні властивості плівок були досліджені методами рентгендифрактометрії за допомогою рентгендифрактометра ДРОН-4 у K_α -випромінюванні молибденового аноду. Оптичні властивості плівок (спектри пропускання та відбиття) досліджені за допомогою спектрофотометру СФ-2000.

Аналіз рентгендифрактометричного спектру шару CdTe у вихідному стані було проведено для метастабільної гексагональної фази, з-за наявності віддзеркалення (201) на куті 21.64° . Виявлено рефлекси (002) та кратні йому (006) та (008). Було розраховано постійні кристалічної ґратки для даного зразка, які становили $a = 4.50(73)$ Å, $c = 7.52(47)$ Å (PCPDFWIN #19-0193, $a = 4.58$ Å, $c = 7.50$ Å). Результати оптичних досліджень свідчать, що в інфрачервоній області спектру середня прозорість плівок CdTe становить 65 %. Розраховані параметри для плівки телуриду кадмію коефіцієнт переломлення $n = 2.31 - 2.72$, товщина $t = 6.2$ мкм, ширина забороненої зони матеріалу $E_g = 1.52$ еВ.

Плівки телуриду кадмію були опромінені електронним випромінюванням за адаптованою методикою з енергією квантів 20 кеВ протягом 600 секунд з використанням штатного растрового електронного мікроскопу. Площа опромінення становила 0.5 см^2 , струм катоду 10^{-5} А, напруга 20 кВ.

Дослідження кристалічної структури та оптичних властивостей зразків, свідчать що після опромінення плівки CdTe на рентгендифрактограмах віддзеркалення (201) не виявлено, а інтегральна ширина кратних (002) піків зменшилася. Розраховані значення постійних кристалічної ґратки не відрізняється від значень у вихідному стані. Спектр коефіцієнту пропускання не змінився в межах похибки вимірювання, значення середні значення n та E_g не відрізняється від значень до опромінення. Таким чином, оптичні властивості плівок CdTe нечутливі до електронного випромінювання.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ГРАНИЦЮ СИЛЬНОГО ТА СЛАБОГО МАГНІТНИХ ПОЛІВ ДЛЯ ПОЛІКРИСТАЛІВ $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($x = 0.10 - 0.20$)

Дорошенко Г.М.

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

Тверді розчини $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ відомі як перспективні матеріали для використання в термоелектричних (ТЕ) охолоджуючих пристроях за температур ≤ 200 К, для яких при вмісті $x \sim 0.12 \div 0.14$ досягаються найвищі із відомих на цей день значення ТЕ добротності $Z \sim (6 \div 7) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ [1]. Зонна структура $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ складним чином змінюється з ростом x : відбувається ряд електронних фазових переходів зі зміною спектра від напівметалевого, характерного для елементів Bi і Sb, до напівпровідникового для твердих розчинів зі вмістом $x = 0.06 - 0.22$. Сильні залежності параметрів зон від температури ускладнюють інтерпретацію кінетичних властивостей, а через високу рухливість носіїв заряду μ у системі $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ при визначенні кінетичних властивостей необхідно знати значення критичного магнітного поля B_C – границі сильного і слабого магнітних полів та враховувати характер залежностей коефіцієнта Холла $R_H(B)$ та магнітоопору $\Delta\rho/\rho(B)$ від величини магнітної індукції B .

Мета роботи – дослідження впливу температури ($T = 80 - 300$ К) на величину B_C для напівпровідникових полікристалів $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($x = 0.10 - 0.20$) [2].

Об'єкти дослідження – полікристали $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$, що піддавались гартуванню на повітрі з подальшим відпалом при 520 К протягом 720 годин. Вимірювання R_H та $\Delta\rho/\rho$ проводили стандартним dc методом на паралелепіпедах ($10 \times 3 \times 2$ мм) у діапазоні магнітних полів $B = 0.01 - 1.0$ Тл та при $T = 80, 150, 220$ і 300 К.

Одержано залежності $R_H(B)$ та $\Delta\rho/\rho(B)$ за різних температур та встановлено, що графіки $R_H(B)$ і магнітоопору у вигляді $\ln(\Delta\rho/B^2)$ подібні і мають дві ділянки: перша, коли вказані параметри практично не залежать від величини магнітного поля (що відповідає випадку слабого магнітного поля) та друга, коли величини R_H і $\ln(\Delta\rho/B^2)$ монотонно зменшуються з ростом B (область сильних магнітних полів). Визначена величина B_C та показано, що B_C зростає з температурою від ~ 0.02 Тл при $T = 80$ К до ~ 0.04 Тл при $T = 300$ К. Отримані результати пов'язуються з тим, що $B_C \sim 1/\mu$: зростання температури призводить до збільшення розсіювання носіїв заряду, і як наслідок зменшення їх рухливості та зростання B_C . Одержано ізотерми $B_C(x)$ та встановлено, що для досліджуваних складів $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ величина B_C не залежить від x .

Література:

1. Tritt T.M. Semiconductors and Semimetals: Recent Trends in Thermoelectric Materials Research. San Diego: Academic Press. – 2001. – I. – V. 69. – P. 101-137.
2. Doroshenko A. Magnetoresistance of polycrystalline $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ alloys ($x = 0 - 0.07$) / A. Doroshenko, K. Martynova, E. Rogacheva // 2017 IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering “YSF-2017” (october 17-20, 2017, Lviv, Ukraine). – Book of papers. – 2017. – P. 199 – 202.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Драчук С.И., Настиченко М.Р., Решетняк М.В.

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

Аппроксимация профиля каждой аналитической линии является ключевым звеном в решении задачи полнопрофильного анализа рентгеновского спектра. Традиционно при обработке рентгенограмм в качестве модельных использовались колоколообразные функции с распределением близким к нормальному: Гаусса, Коши и др. Хотя аппроксимация одной аналитической функцией привлекает простотой автоматизации процесса подгонки спектра, она может приводить к нахождению весьма интенсивных "лишних" линий.

Приступая к разработке нейросетевого решения, как правило, сталкиваются с проблемой выбора оптимальной архитектуры нейронной сети. Так как области применения наиболее известных парадигм пересекаются, то для решения конкретной задачи можно использовать различные нейронные сети, и при этом результаты могут оказаться одинаковыми. Будет ли та или иная сеть лучше и практичнее, зависит в большинстве случаев от конкретных условий. Мы рассмотрели решение задачи аппроксимации экспериментальных данных с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) следующих типов: многослойного персептрона, сетей радиально-базисными функциями (RBF), вероятностных сетей, обобщенно-регрессионных сетей (GRNN) и нечетких нейронных сетей.

В качестве критерия правильности аппроксимации используется величина средней остаточной невязки. Она рассчитывается по формуле:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\left(\sum_{j=1}^N [y_i - I(x_i)]^2 \right)}{\sum_{j=1}^N [y_i]^2} \times 100\% ,$$

где y_i - экспериментальный массив величин интенсивности, x_i - массив углов, N - число точек рентгеновского профиля; $I(x_i)$ - величины интенсивности для углов x_i , полученные с помощью модельного расчета по выбранной аппроксимирующей функции.

В ходе работы было разработано программное обеспечение средствами математического пакета MATLAB и в среде программирования Delphi 7 с использованием библиотеки FANN.

Аппроксимация формы одиночных спектральных линий с помощью ИНС позволяет уменьшить невязку до 1–2% и менее. Дополнительным преимуществом применения ИНС для аппроксимации аналитических линий является возможность таким образом построить и обучить нейронную сеть по имеющимся эталонам, чтобы в последующем моделировать не только эти линии, но и те, которые не были использованы для обучения.

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛІВОК ЙОДИДУ МІДІ І ОКСИДУ ЦИНКУ ДЛЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СКЛАДОВОЇ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

**Жадан Д.О.¹, Клочко Н.П.¹, Клепікова К.С.¹, Копач В.Р.¹,
Петрушенко С.І.² Дукаров С.В.², Любов В.М.¹, Кіріченко М.В.¹,
Хрипунова А.Л.¹, Бігас С.П.¹, Костюченко Є.Р.¹**

*¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», ² Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
м. Харків*

На ближнє інфрачервоне випромінювання припадає близько 42% енергії сонячного світла, яка не може бути ефективно перетвореною на електрику за допомогою фотоелектричного ефекту, але здатна бути використаною тонкоплівковим термоелектричним генератором (ТЕГ), що функціонує на основі ефекту Пельтьє. На відміну від масивних термоелектричних матеріалів, котрі застосовуються в умовах високих температур, тонкі термоелектричні плівки можуть використовуватись при температурах близьких до кімнатної для живлення малопотужних електронних пристроїв та датчиків.

Плівки CuI, ZnO і ZnO:In синтезували методом гідрохімічного осадження SILAR на підкладках з натрієвого скла. Питомий опір ρ плівок CuI, ZnO і ZnO:In вимірювали за допомогою чотирьохзондового методу. Коефіцієнти Зеебека Z вимірювали як індуковану термоелектрорушійну силу ΔV в залежності від градієнта температури ΔT вздовж плівки, нанесеної на скляну підкладку. Термоелектричний коефіцієнт потужності P плівок був розрахований як $P = Z^2/\rho$. Вихідну напругу V_{out} і вихідну потужність P_{out} плівок отримано як функцію вихідного струму I_{out} для декількох температурних градієнтів ΔT в діапазоні 7-22 К, після цього з отриманих даних визначено напругу холостого ходу V_{xx} і максимальну вихідну потужність P_{max} напівпровідникових плівкових компонентів ТЕГ.

Після осадження і відпалу на повітрі плівки ZnO і ZnO:In, були майже діелектричними: ρ плівок ZnO і ZnO:In при близьких до кімнатної температурах становив 25–70 Ом·м. Крім того плівки ZnO:In, для виготовлення яких до катіонного прекурсору додавали цитрат натрію $Na_3C_6H_5O_7$, не ставали електропровідними навіть після їх вакуумного відпалу. Проте нам вдалося істотно зменшити ρ плівок ZnO і ZnO:In, одержаних методом SILAR без додавання $Na_3C_6H_5O_7$ у катіонний прекурсор, шляхом їх вакуумного відпалу при 200°C протягом 1 години. Отримані значення питомого опору відпалених у вакуумі плівок ZnO, ZnO:In знаходились в діапазоні $1,6 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-1}$ Ом·м, тобто, не набагато перевищували ρ плівок CuI.

Для напівпровідникових плівкових компонентів ТЕГ p -CuI P становив 7,4–61,2 мкВ/(м·К²), а для n -ZnO і n -ZnO:In – від 0,4 до 1,3 мкВ/(м·К²), V_{xx} і P_{max} знаходилися в діапазоні 1,3–3,0 мВ і 0,007–0,94 нВт, відповідно, залежно від складу, товщини і режиму осадження плівок. Таким чином, в роботі показано можливість використання методу SILAR для створення плівок p -CuI і n -ZnO:In для застосування в новій моделі тонкоплівкового ТЕГ.

INFLUENCE OF OPERATING TEMPERATURE ON THE THIN FILM SOLAR CELLS EFFICIENCY

Zaitsev R.V., Kirichenko M.V., Khrypunov M.G., Drozdova A.A.

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

At present time the solar thermal collectors are used for thermal conversion, the efficiency of which reaches 70-80% due to the selective coatings application with absorption coefficient in the spectral range of sunlight to 95-98% and the reflection coefficient in the infrared range of no more than 5-7%. The current tendency in the development of the most commonly used automated systems of heat collectors with compulsory heating circulator is that the electric energy for their operation is generated by traditional silicon solar modules [1]. As far as traditionally sun modules are placed separately from solar thermal collectors, this does not lead to an efficiency increase.

The reducing the use of space for such systems may be due to the photovoltaic converters (PVC) combination with the system of heat collector. This is realized due to the use of flexible film photovoltaic converters, which can be placed on the surface of the collector plate by repeating the features of its micro relief with the effective thermal contact provision. The photovoltaic converters, for use in such systems, should effectively generate electrical energy at a working temperature of 50 to 55°C; they must also provide a solar absorption coefficient of at least 90% and have an attenuation coefficient of up to 10% in the infrared spectrum. Together with the cooling system of the heat collector, the PVC design should provide a difference between the PVC temperature and the heat carrier temperature not exceeding 5°C. When the last two conditions are fulfilled, a selective coating can be selected from the design of the solar collector, as far as its functions will be performed by the PVC.

The main optimization problem for the such a system development is to determine the level of influence of the collector working temperature on the rate of reduction of the film PVC efficiency.

The comparison of the study of the temperature dependence of efficiency for film PVC on the basis of CdTe and CuInSe₂ compounds produced in laboratory conditions, amorphous silicon and crystalline GaAs, which are manufactured industrially, showed that the least reduction in the efficiency with the growth of the operating temperature has device structures on the basis of base layers of cadmium telluride. With a change in temperature at 50°C, the efficiency of such devices is reduced by only 1%, and the relative rate of decrease is -0,14 rel.%/C, which is significantly less than the same for other types of PVC: GaAs -0,16 rel.%/C, amorphous silicon -0,21 rel.%/C, CuInSe₂ -0,36 rel.%/C.

The analytical processing and analysis of the influence of light diode characteristics on the PVC efficiency on the basis of cadmium telluride showed that the temperature stability of their efficiency is ensured by the diode current density of the cut. When the temperature rises from 20°C to 50°C, the density of the diode current of saturation increases by 50 % from $1.9 \cdot 10^9$ A to $2.7 \cdot 10^9$ A, which is lower than for silicon PVC, for which the diode saturation current increases by 300 %.

1. Fayaz H., Nasrin R., Rahim N.A., Hasanuzzaman M. Energy and exergy analysis of the PVT system: Effect of nanofluid flow rate // Solar Energy. – 2018. – Vol. 169. – P. 217-230.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЗАВЕС ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

Кулик И.В., Руденко Н.З.

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

На данный момент, большую часть торговых площадей магазинов занимает холодильное оборудование открытого типа. Это связано с лёгкой доступностью продукта для потребителя и другими психологическими факторами в сфере продаж. Для снижения теплопритоков к продукту, используются воздушные холодные завесы. Основным недостатком этого вида техники является повышенное энергопотребление и низкий ресурс работы. В связи с этим, цель данной разработки заключалась в уменьшении энергопотребления и перегрузок холодильной машины.

В ходе натурных испытаний созданных образцов этого оборудования в климатической камере установлено, что из-за несовершенства в системе реализации воздушного потока для витрин, значительная часть холодного воздуха, поступающая из охладителя (около 40%) смешивается с более тёплым воздушным потоком из окружающей среды. Это приводит к увеличению теплопритоков и как следствие к росту коэффициента рабочего времени оборудования.

В работе рассмотрены и проанализированы основные проблемы распределения воздушного потока в торговых витринах открытого типа. Определены факторы, влияющие на картину движения воздуха в объёме витрины, проанализированы их значимость и предложены возможные решения для исправления ситуации и оптимизации работы холодильного оборудования.

БЛОК ЗАХИСТУ ПАРОМАСЛЯНОГО ДИФУЗІЙНОГО НАСОСА ВІД ПЕРЕГРІВУ

Луб'яний Л.З., Оверко М.Є., Чичибаба І.О.

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

Однією з проблем при експлуатації паромасляного дифузійного насоса є необхідність його охолодження. Традиційно це робиться пропусканням води через сорочку водяного охолодження. При виникненні аварійних ситуацій (припинення подачі води) можливий перегрів насоса і порушення його працездатності. З метою сигналізації поточної температури насоса і захисту від можливих аварійних режимів було розроблено пристрій температурного контролю корпусу насоса.

Схема пристрою представлена на рисунку.

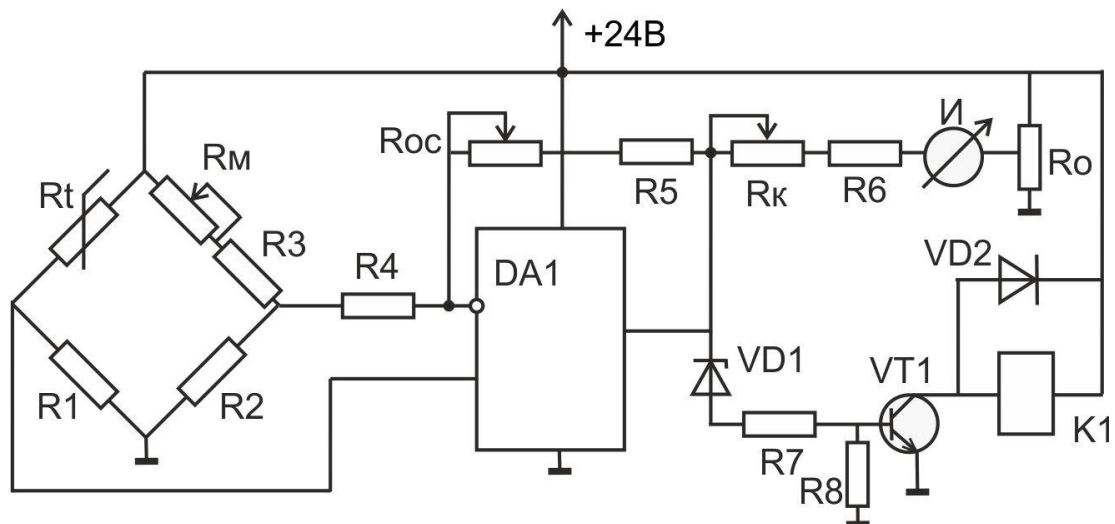


Рисунок - Принципова електрична схема пристрою теплового захисту

В якості датчика використаний напівпровідниковий терморезистор, закріплений на корпусі насоса. Датчик включений в мостову вимірювальну схему [1], вихідний сигнал якої подається на операційний підсилювач DA1. З виходу DA1 сигнал надходить паралельно на вхід індикатора (мікроамперметр) і на порогову схему (стабілітрон VD1 і транзистор VT1). У ланцюг колектора VT1 включено реле K1. При розігріві насоса індикатор показує температуру, а при перевищенні температури максимально допустимої відкриваються стабілітрон VD1, транзистор VT1 і включається реле K1. При цьому відключається нагрів насоса і включається звуковий сигнал аварії. При зниженні температури вихідний сигнал DA1 зменшується, транзистор закривається і відновлюється нормальний режим роботи насоса.

Література:

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника – М.: Мир, 1983.

БЛОК УПРАВЛІННЯ СІНХРОДЕТЕКТОРОМ ДЛЯ ФЕРОЗОНДОВОЇ УСТАНОВКИ

Луб'яний Л.З., Оверко М.Є., Чичибаба І.О.

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

До складу ферозондової установки входить сінхродетектор (СД), що служить для формування постійної напруги з сигналу другої гармоніки ферозонда, пропорційного величині вимірюваного магнітного поля [1]. Для роботи СД необхідно сформувати два імпульси з частотою вдвічі більшою частоти збудження, які мають фазовий зсув 180° .

Для управління роботою сінхродетектора було розроблено схему блока управління (БУ), побудовану на трьох інтегральних мікросхемах К155АГ1 (DD1-DD3). Принципова схема БУ представлена на рисунку 1а. Роботу схеми можна описати за допомогою епюр, приведених на рисунку 1б.

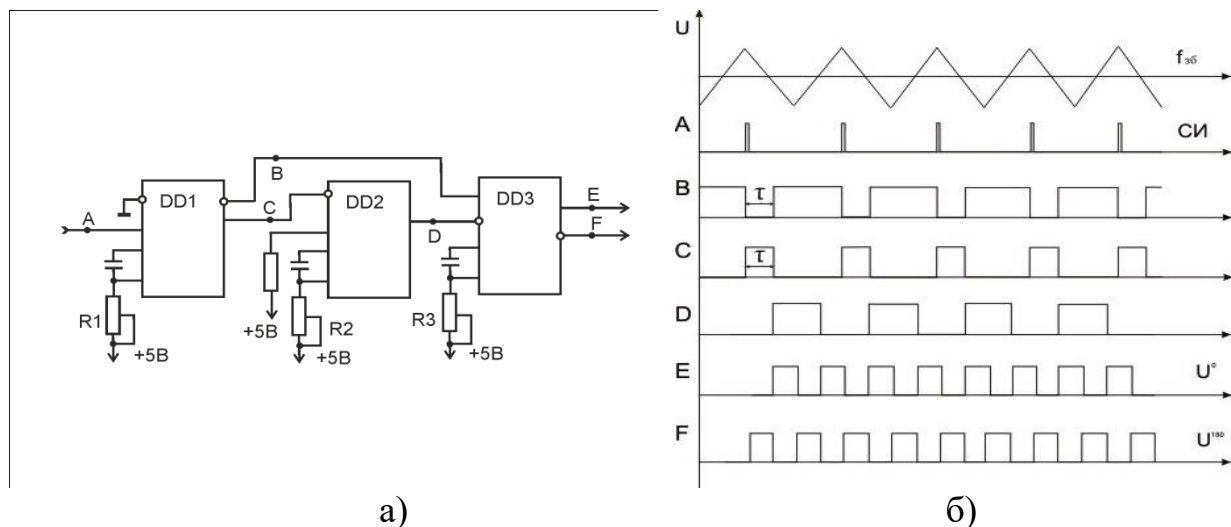


Рис. 1 - Схема блока управління сінхродетектором (а) та епюри (б)

На вхід DD1 з генератора збудження поступає сінхроімпульс (див. точку А). Він являє собою короткі імпульси позитивної полярності з частотою збудження f_{36} . По фронту сінхроімпульса DD1 формує імпульси (див. точки В і С), тривалість яких визначає фазовий зсув (τ) СД і регулюється змінним резистором R1 на передній панелі приладу. По спаду цих імпульсів на виході DD2 формується меандр з частотою f_{36} (див. точку D). DD3 формує два меандри з частотою $2f_{36}$ протилежної полярності U^0 і U^{180} (див. точки Е та F). Ці імпульси служать для управління роботою ключа в сінхродетекторі. Скважність два у точках D, Е та F досягається за допомогою резисторів R2 та R3.

Література:

1 Луб'яний Л.З., Оверко М.Є., Чичибаба І.О. Сінхродетектор для ферозондової установки // Тези доповідей XXVI міжн. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», 2018р., Харків: НТУ «ХПІ», Ч.І, с. 329.

ГРАНИЦЫ КЛАСТЕРОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ АМОΡФНЫХ ПЛЕНКАХ: СРАВНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ТЕОРИИ

Лыках В.А., Синельник А.В.

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

В проведенных нами экспериментах по осаждению тонких халькогенидных аморфных пленок $A^I\text{-Bi-C}^{VI}$ (A^I – Li, K, Na, Rb; C^{VI} – S, Se) на подложку при температуре 300 К было найдено, что пленки имеют аморфную структуру. Но в рамках аморфной фазы для разных химических составов происходило образование структуры с чередованием областей повышенной плотности (кластеры), которые разделены менее плотными и относительно тонкими слоями [1].

Ранее нами было выполнено теоретическое описание наблюдаемой экспериментально кластерной структуры аморфных пленок [2]. В качестве модели межатомных связей был выбран потенциал Леннарда-Джонса, в который был введен множитель, описывающий угол в ковалентной связи.

Для описания аморфной структуры были выбраны два параметра порядка: среднее отклонение угла ковалентной связи от оптимального среднего значения φ и среднее межатомное расстояние r . Для получения пространственных зависимостей $\varphi(x)$, $r(x)$ была введена свободная энергия системы. Вариация свободной энергии по параметрам порядка приводит к системе из двух дифференциальных уравнений Лагранжа. Решение дает зависимость параметров порядка, а также плотности пленки $\rho(x)$ от пространственной координаты x при переходе из одного кластера в другой.

Для сравнения с экспериментальными данными было выполнено фотометрирование электронно-микроскопических изображений пленки вдоль линии, которая перпендикулярна к границе между кластерами. Выполнена подгонка параметров в зависимости плотности от координаты по значениям плотности, полученных из экспериментальных данных. Подгонка параметров производилась с помощью алгоритма Левенберга-Марквардта, встроенного в пакет программ Origin.

Сравнение подгоночных кривых с экспериментальными данными показывает их хорошее соответствие. В результате подгонки можно восстановить параметры межатомного потенциала, а также ширину границы кластеров.

Литература:

1. Дьяконенко Н.Л., Лых В.О., Корж І.А., Білозерцева В.І., Наноструктура аморфних плівок // Тези доповідей УНКФН-7, Дніпро, 2016, с. 330-331.
2. V. A. Lykah, N. L. Dyakonenko, A. V. Sinelnik, V. I. Bilozertseva, I. A. Korzh / Clusters and Boundaries in Chalcogenide Amorphous Films // Proc. of 7th International Conference Nanomaterials: Application & Properties (NAP – 2017), 10-15 September, 2017, Zatoka, Ukraine, Vol. 2, p.p. 02NTF17-1-4 (2017).

СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СЛОЖНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ

Лыках В.А.¹, Сыркин Е.С.², Троцкий Е.Н.³

¹ *Национальный технический университет*

«Харьковский политехнический институт»,

² *ФТИНТ имени Б. И. Веркина НАН Украины,*

³ *Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, г. Харьков*

Рассмотрим одномерную модель кристалла, в которой плоские органические молекулы соприкасаются широкими плоскостями. Считаем, что плоскость молекул перпендикулярна направлению одномерной цепочки. Примером такого кристалла является молекулярный кристалл BEDT [1], в котором возможно зарядовое упорядочение при добавлении малых молекул другого сорта. Считаем, что взаимодействие между плоскостями больших молекул определяется потенциалом Леннарда-Джонса в форме:

$$U(r) = \varepsilon \left[\left(\frac{r_0}{r} \right)^{12} - 2 \left(\frac{r_0}{r} \right)^6 \right], \quad (1)$$

где r_0 – равновесное расстояние между большими молекулами, а ε – глубина потенциальной ямы. Пусть малая молекула занимает положение между большими. Для взаимодействия малых молекул между собой и с большой молекулой используем формулу (1) с заменой r_0 на r_s .

Показано, что при варьировании параметра $s = r_s / r_0$ малая молекула находится в изменяющемся двухямном потенциале. С возрастанием s от 0 до 0.44 барьер между ямами сужается, а при $s > 0.44$ барьер между ямами исчезает. Высота барьера в двухямном потенциале определяет температуру структурного фазового перехода в кристалле. В настоящем сообщении анализируется зависимость высоты барьера от параметра s .

Показано также, что при наличии малых молекул равновесное расстояние между большими уменьшается, то есть при внедрении малой молекулы происходит сближение больших молекул, период молекулярной цепочки уменьшается по сравнению с однородным кристаллом, состоящим только из больших молекул. В случае, когда все молекулы электронейтральны и малые молекулы заполняют каждый промежуток между большими, то при низких температурах происходит структурный фазовый переход: малые молекулы группируются попарно вблизи большой молекулы, период решетки удваивается. В случае переноса заряда между большой и малой молекулами при низких температурах возникает зарядово-упорядоченное состояние.

Литература:

[1]. Kagawa F. Quenching of charge and spin degrees of freedom in condensed matter / Kagawa F., Oike H. // *Advanced Materials*. – 2017. – Vol. 29. – №. 25. – P. 1601979

ГАЗОВАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПЛЕНОК НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО SiC

Любов Д.В., Семёнов А.В.

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

Проблема мониторинга газовой атмосферы в природных, промышленных и жилых зонах является важнейшим элементом охраны экологической системы на Земле. Несмотря на благополучную ситуацию с производством полупроводниковых газовых сенсоров в мире продолжают интенсивные поиск и разработки новых газочувствительных полупроводниковых материалов. Это связано с тем, что используемые металлооксидные полупроводники не обеспечивают необходимой стабильности и длительности работы сенсоров в условиях воздействия на них агрессивных газов (SO_2 , H_2S , хлорсодержащих соединений и др.). Кроме того, все более актуальным является требование повышения радиационной стойкости газочувствительных слоев сенсоров. Одним из наиболее перспективных полупроводниковых материалов, отвечающим современным требованиям к работоспособности в жестких условиях является карбид кремния (SiC).

В работе изучено влияния газовой атмосферы на электропроводность тонких пленок нанокристаллического SiC , полученных методом прямого ионного осаждения на сапфире. Измерения выполнены на двух сериях пленок nc-SiC с различной структурой: одна серия содержала преимущественно нанокристаллы 3C-SiC -политипа и обозначена монополитипной, вторая серия представляла собой наногетероструктуры на основе смеси нанокристаллов 3C-SiC и 21R-SiC . Показано, что исходные пленки МП- nc-SiC имели большее сопротивление, чем гетерополитипные, при этом обе серии не проявляли реакции на изменение давления атмосферы. Газовая чувствительность пленок проявилась после отжига в вакууме при температурах более 500 К. Измерения газовой чувствительности пленок к воздушной атмосфере при температуре 700 К показали, что для монополитипной пленки сопротивление увеличилось в 12 раз ($S=91,6\%$), в то время как гетерополитипная пленка показала увеличение сопротивления почти в 16 раз ($S=93,7\%$). В связи с тем, что в nc-SiC пленках возможно варьирование структуры и параметров потенциального барьера, мы полагаем, что возможно повышение эффективности газочувствительности пленок путем оптимизации их структуры. Из сравнения влияния азота и воздуха на проводимость пленок мы отнесли газовую чувствительность к хемсорбции атмосферного кислорода.

Таким образом, впервые измеренные величины газовой чувствительности на пленках nc-SiC позволяют говорить о перспективности разработки высокочувствительных газовых сенсоров на тонких пленках нанокристаллического SiC .

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНА ДОБРОТНІСТЬ ХОЛОДНОПРЕСОВАНОГО ТЕЛУРИДУ СУРМИ

Мартінова К.В., Рогачова О.І.

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

Телурид сурми Sb_2Te_3 широко застосовується в якості низькотемпературного термоелектричного (ТЕ) матеріалу для створення p -гілок охолоджувальних пристроїв [1]. Ефективність ТЕ матеріалу визначається його ТЕ добротністю ($Z = S^2\sigma/\lambda$, де S – коефіцієнт Зеєбека, σ – електропровідність, λ – теплопровідність). Для отримання полікристалів із високими експлуатаційними характеристиками інколи доцільно використовувати холодне пресування із відпалом замість інших методів (гаряче пресування, іскроплазмове спікання та ін.).

Мета роботи – дослідження температурних залежностей ТЕ властивостей холоднопресованого відпаленого Sb_2Te_3 для визначення ходу залежності $Z(T)$.

Об'єкти дослідження – холоднопресовані таблетки ($d = 15$ мм, $h = 5$ мм) для вимірювання λ та паралелепіпеди для вимірювання S і σ , виготовлені із злитків, отриманих сплавленням Sb і Te у вакуумованих ампулах із відпалом ($t = 300$ год. $T = 650$ К). Порошки дисперсністю 200 мкм пресували за T_k ($P = 7$ т/см²) і відпалювали у вакуумованих ампулах ($T = 650$ К, $t = 300$ год). Вимірювання σ здійснювали методом постійного струму, S – компенсаційним методом в інтервалі $T = 80 - 300$ К. λ вимірювали на приладі ІТ- λ -400 в інтервалі $T = 150 - 625$ К.

Встановлено, що σ і λ монотонно знижуються в усьому інтервалі T , що є характерним для вироджених напівпровідників із розсіянням носіїв заряду на акустичних фононах. В свою чергу, S зростає, при чому на залежності $S(T)$ наявні дві лінійні ділянки із різним кутом нахилу прямої, що пов'язується із наявністю у Sb_2Te_3 другої підзони у валентній зоні. На основі отриманих даних розрахована залежність $Z(T)$ в інтервалі $T = 150 - 300$ К. Показано, що Z зростає з температурою до $T \sim 240$ К, після чого виходить на насичення. Максимальне значення Z сягало $Z = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Такий результат є порівняним із значеннями Z для монокристалів Sb_2Te_3 ($Z = 1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$) [2].

Література:

1. Uher C. (ed.) Materials Aspect of Thermoelectricity. – Boca Raton: CRC Press. – 2016. – 610 p.
2. Jiang J., Chen L., Bai S., Yao Q., Wang Q. Thermoelectric properties of p -type $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_x$ - $(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_{1-x}$ crystals prepared via zone melting // Journal of Crystal Growth. – 2005. – Vol.277. – P. 258 – 263.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКЛАДКИ НА КІНЕТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК Bi_2Se_3

Меньшикова С.І., Рогачова О.І.

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

Сполука Bi_2Se_3 відноситься до класу напівпровідникових матеріалів V_2VI_3 , які широко використовуються в термоохолоджуючих пристроях. Значна частина сучасних досліджень в області термоелектрики спрямована на пошук нетрадиційних шляхів підвищення основної характеристики термоелектричних (ТЕ) матеріалів – ТЕ добротності Z . Теоретичні припущення щодо збільшення Z в низькорозмірних структурах [1], які були пізніше експериментально підтверджені на прикладі напівпровідникових сполук V_2VI_3 [2], сприяють проведенню досліджень транспортних властивостей тонких плівок Bi_2Se_3 .

Тонкі плівки можуть бути отримані різними методами: термічне випаровування, імпульсне лазерне осадження, хімічне осадження з газової фази, молекулярно-променева епітаксія, тощо. Термічне випаровування є одним з простих та дешевих методів вирощування тонких плівок. Тип структури та властивості тонких плівок в значній мірі визначаються температурою підкладки. В якості підкладок для вирощування тонких плівок Bi_2Se_3 найчастіше використовують скло.

Мета роботи – встановити вплив температури скляної підкладки на кінетичні властивості тонких плівок Bi_2Se_3 .

Об'єкти дослідження – тонкі плівки товщинами $d = 11.5 - 420.0$ нм, які отримані термічним випаровуванням у вакуумі ($\sim 10^{-5} - 10^{-6}$ Па) кристалів n - Bi_2Se_3 на скляні підкладки. Для виявлення впливу технологічних факторів (температури підкладки T_S) на властивості тонкоплівкові зразки були осаджені на підкладках за різних температур: $T_S = (500 \pm 5)$ К (серія 1) та $T_S = (450 \pm 5)$ К (серія 2). Електропровідність σ та коефіцієнт Холла R_H вимірювали dc методом з похибкою не більше ± 5 %. Рухливість носіїв заряду розраховували як $\mu_H = \sigma \cdot R_H$. Коефіцієнт Зеєбека S вимірювали компенсаційним методом відносно Cu .

Результати вимірювань R_H і S показали, що метод термічного випаровування дозволяє отримувати плівки з n -типом провідності, як і у вихідному кристалі. Було встановлено, що в плівках серії 1 значення μ_H більші порівняно з μ_H в плівках серії 2. Спостерігався розкид значень S (і, відповідно, концентрації електронів) по поверхні плівок серії 2, який вказував на неоднорідний розподіл матеріалу. Плівки серії 1 показали стабільні значення S по поверхні, розкид значень S не перевищував похибки вимірювань (± 2 %).

Література:

1. Hicks L.D. Effect of quantum-well structures on the thermoelectric figure of merit / L.D. Hicks, M. S. Dresselhaus // Phys. Rev. B. – 1993. – 47. – P. 12727.
2. Venkatasubramanian R. Thin-film thermoelectric devices with high room-temperature figures of merit / R. Venkatasubramanian, E. Siivola, T. Colpitts, et al. // Nature. – 2001. – 413. – P. 597-602.

НЕЛІНІЙНІ ВОЛЬТ-АМПЕРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРИ МЕТАЛ-ВЛАСНИЙ НАПІВПРОВІДНИК-МЕТАЛ В УМОВАХ ОСВІТЛЕННЯ

Меріуц А.В., Шелест Т.М.

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

Контакти метал – напівпровідник є складовою частиною електронних приладів, зокрема, сонячних елементів (СЕ). Однак в цих приладах вони зазвичай відіграють допоміжну роль, слугуючи для виведення струму і напруги у зовнішнє електричне коло. Можливість створення СЕ на основі контакту метал-напівпровідник раніше розглядалася тільки при наявності бар'єру на такому контакті. Ми розглянули структуру метал – власний напівпровідник – метал, яка не має бар'єрів на контактах в умовах освітлення, використавши підхід, заснований на дифузійно-дрейфовій теорії. Для проникнення світла в напівпровідник, в якості одного з контактів має бути використаний прозорий провідний окисел або сітчастий металевий контакт. В припущенні, що поглинання сильне, тобто все світло поглинається в тонкому шарі поблизу прозорого контакту, швидкість рекомбінації на освітленому контакті прямує до нуля, а на неосвітленому – до нескінченності, було отримано наступний вираз для ВАХ такої структури:

$$V = -j r_c + V_T \frac{2(j - J_{ph})}{j - (1 + u_n / u_p) J_{ph}} \ln \left[1 + \frac{(1 + u_n / u_p) J_{ph} - j}{2 j_{ni}} \right].$$

Тут $j_{ni} = q n_i u_n V_T / a$, $V_T = k_B T / q$ – тепловий потенціал, $J_{ph} = q \beta I_0$ – має сенс густини фотоструму, β – квантова ефективність, I_0 – густина потоку фотонів, $2a$ – товщина напівпровідника, k_B – константа Больцмана, T – температура, $-q$ – заряд електрона, n_i – концентрація електронів у власному напівпровіднику, $u_{n,p}$ – рухливість електронів та дірок, r_c – опір контактів.

Аналіз отриманого виразу для ВАХ показав, що для напівпровідникових матеріалів з власним типом провідності і співвідношенням рухливостей $u_n > u_p$ генерована напруга є досить незначною а ВАХ, в області напруг де структура працює як генератор, має майже трикутну форму. Наприклад для власного Si ($u_n / u_p \approx 2$), який освітлено монохроматичним світлом з густиною квантів $I_0 = 10^{17} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, напруга дорівнює 0.14 В з фактором заповнення ВАХ рівним $FF = 0.29$. В той же час для AlSb, у якого зворотне співвідношення рухливостей $u_p > u_n$ ($u_p / u_n \approx 2$), напруга буде 0.56 В, а фактор заповнення $FF = 0.38$. Для СЕ з гіпотетичного матеріалу з $u_p / u_n = 20$ і іншими параметрами подібними до кремнію, фактор заповнення буде дорівнювати $FF = 0.56$ і форма ВАХ буде близькою до тої, яку мають ефективні СЕ. Таким чином, існує принципова можливість створення достатньо ефективного СЕ на основі структури метал-напівпровідник-метал без бар'єрів. Такі СЕ могли б бути однією зі складових тандемних структур в яких зазвичай буває складно узгоджувати СЕ з різним розташуванням шарів різного типу провідності.

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ФОНОНІВ В ГРАФЕНОВИХ НАНОСТРУКТУРАХ

Мінакова К.О.

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

Інтерес до фононного спектру викликаний тим, що полоса його спектра для графітових наноплівочок дуже широка. Розрахункова температура Дебая для графіту становить близько 2500 К, і, отже, фононна теплоємність зростає з температурою набагато повільніше, ніж у інших твердих тіл. При кімнатній температурі вона все ще далека від насичення. Електронний внесок в загальну теплоємність не можна вважати дуже незначним в порівнянні з фононним внеском. Тому аналіз на основі мікроскопічних розрахунків температурних залежностей теплоємності графітової і вуглецевої наноплівочок дуже необхідний для правильної інтерпретації калориметричних вимірів. Також слід зазначити, що експериментальне дослідження низькотемпературної теплоємності є важливим і надійним джерелом інформації про квазічастинних збуреннях, зокрема, у фононних спектрах. Калориметричні експерименти, як правило, дуже точні і, на відміну від більшості оптичних і ультразвукових експериментів, не вимагають наявності монокристалів гарної якості.

Слабкість міжшарової взаємодії в графіті призводить до того, що при частотах вище частоти першої особливості ван Хова (що становить приблизно 2% ширини полоси його квазінеперервного фононного спектра), носить квазідвовимірний характер. Для коливань поляризованих в площині шару в довгохвильовому ліміті закон дисперсії лінійний (акустична мода), а для коливань поляризованих поперек шару закон дисперсії в довгохвильовому ліміті прагне до квадратичного. Крім того, дані моди практично не взаємодіють з коливаннями, поляризованими уздовж шару, тобто ці коливання практично описуються двовимірною скалярною моделлю на «*honeycomb lattice*», їх закон дисперсії буде аналогічним із законом дисперсії електронного спектра графена. На густині станів даної фононної моди є особливість, яка аналогічна V - образній (діраковській) особливості на густині електронних станів.

Поблизу цієї частоти (~ 15 ТГц) групова швидкість фононів висока. Наявність таких високочастотних фононів, що швидко поширюються, має позначитися на електрон-фононній взаємодії в графенових наноплівках та, за певних умов, забезпечити перехід графенових наноструктур в надпровідний стан.

Література:

- [1] Eremenko V.V., Sirenko A.F., Sirenko V.A., Gospodarev I.A., Syrkin E.S., Feodosyev S.B., Bondar I.S., Minakova K.A. 2016 *Low. Temp. Phys.***42** 401
- [2] Eremenko V.V., Sirenko V.A., Gospodarev I.A., Syrkin E.S., Feodosyev S.B., Bondar I.S., Minakova K.A., Feher A. 2018 *Journal of Physics: Conference Series*.**969** 012021.
- [3] Gospodarev I.A., Grishaev V.I., Manzhelii E.V., Syrkin E.S., Feodosyev S.B., Minakova K.A. 2017 *Low. Temp. Phys.***43** 322

STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES NANOCRYSTAL ZrN COATINGS, OBTAINED BY METHOD OF VACUUM ARC EVAPORATION.

Nikolaychuk G.P., Taran A.V. *

*National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute",
*National Science Center, Kharkov Institute of Physics and Technology,
Institute of Plasma Physics,
Kharkov*

Nanocrystal fields ZrN was synthesized by vacuum arc method using high frequency discharge on the surface of stainless steel grade AISI 430 at 150°C. For study the phase composition, microstructure and nanohardness of coatings was used X-ray fluorescence analysis (XRF), transmission electron microscopy (TEM), as well as the nanohardnesstests method.. The developed technology provides low-temperature synthesis of coatings, reducing the formation of macro particles, and also allows coatings to settle ZrN with a hardness of 26.6-31.5 GPa. Established the formation of single-phase polycrystalline films ZrN cubic modification with a grain size of 20 nm.

The microhardness of the coating strongly depends on structural parameters such as crystallographic orientation, microstress, and crystallite size. One of the main characteristics of the material is the ratio of its hardness to the elastic modulus H/E , called plasticity index. The ratio H^3/E^{*2} (where $E^* = E/(1 - \mu^2)$)—the effective elastic modulus; μ —Poisson's ratio is also qualitative comparative characteristic of the plastic deformation resistance. To increase the plastic deformation resistance it is required to strive for the lowest possible elastic modulus at high hardness which, in particular, takes place at grain sizes of less than 10 nm. In general, the low module is good, because it allows to distribute load within a wide area. The effective elastic modulus E^* , the shear modulus G , yield stress point σ_T and coefficient of resistance to plastic deformation H^3/E^{*2} were determined using model equations. The shear modulus and yield stress are defined as:

$$G = E / 2 \times (1 + \mu) \quad (1), \quad \sigma_T = H / 3 \quad (2).$$

The G , σ_T , H^3/E^{*2} parameters were measured only for average H and E values. According to nanohardnesstests ZrN coating has much higher elastic properties than initial stainless steel. The average value of nanohardness for stainless steel was 4.09 GPa, and it reached 29.39 GPa for the ZrN coated sample. The average value of elastic modulus for the ZrN was 320.81 GPa, whereas without the coating it comprised 201.151 GPa with a data spread of 9.54 %. With increase of the ratio H/E decreases plasticity of material and increasing of its relative hardness. The high hardness of the coatings can be associated with an improvement of homogeneity of ZrN coatings on the one hand and on the other the hardness growth can be related to the grinding of the grain structure (according to Hall-Petch rule) by ion bombardment upon application high-voltage RF pulses to the substrate during the deposition process.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПОЛОЖЕННЯ ТОЧКИ ІНВЕРСІЇ ТИПУ ПРОВІДНОСТІ У КРИСТАЛАХ $\text{Bi}_{100-x}\text{Te}_x$

Новак К.В., Рогачова О. І.

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

Тверді розчини на основі телуриду вісмуту належать до числа найкращих термоелектричних (ТЕ) матеріалів для використання у ТЕ охолоджувачах. Відомо, що в системі $\text{Bi}_{100-x}\text{Te}_x$ поблизу стехіометричного складу ($x = 60.0$) за кімнатної температури спостерігається інверсія типу провідності [1]. Можна припустити, що положення точки інверсії залежить від температури. На сьогодні немає робіт, де б вивчався характер залежностей коефіцієнта Зеебека S від температури у вузькому інтервалі складів поблизу точки інверсії.

Мета роботи – експериментальне дослідження температурних залежностей коефіцієнта Зеебека S на зразках телуриду вісмуту поблизу стехіометричного складу та виявлення впливу температури на положення точки інверсії типу провідності.

Об'єкти дослідження – литі полікристалічні зразки $\text{Bi}_{100-x}\text{Te}_x$ в інтервалі складів $x = 60.0 - 67.5$, отримані шляхом сплавлення Bi та Te у вакуумованих кварцових ампулах за температури 1020 К та наступного відпалу протягом 300 годин за температури 670 К. Вимірювання S здійснювали компенсаційним методом в інтервалі температур $T = 80 - 300$ К. Між холодним і гарячим кінцями зразка встановлювали градієнт температури у 3 К.

Було досліджено залежності $S(T)$ та встановлено, що для всіх зразків вони мали вигляд кривих з максимумом. В ряді робіт (наприклад [2,3]) таке відхилення від лінійної залежності $S(T)$, характерної для вироджених напівпровідників, пояснювали переходом до змішаної провідності. Були побудовані ізотерми S для виявлення точки інверсії. Встановлено, що при збільшенні концентрації Te максимум на залежності $S(T)$ зміщується в область менших температур. Показано, що точка інверсії типу провідності зміщується в бік меншого вмісту Te при зниженні T , а саме: при 300 К точка переходу знаходиться при $x = 60.8$, а при $T = 80$ К точка інверсії відповідає $x = 60.48$.

Література:

1. H.J. Goldsmid Introduction to thermoelectricity / H.J. Goldsmid // Springer Series in Materials Science – 2016. – V. 121. – P. 278.
2. L. D. Ivanova Thermoelectric Properties of $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ Single Crystals in the Range 100--700 K / L. D. Ivanova, Yu. V. Granatkina // Inorganic Materials – 2000. – V. 36, № 7 – P. 672-677
3. X. Shi Recent advances in high-performance bulk thermoelectric materials / X. Shi, L. Chen, C. Uher // International Materials Reviews – 2016. – V. 61 – P. 379-415

РОЛЬ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ В ПРОЦЕСІ РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ

Петренко Л.Г., Дьяконенко Н.Л., Білозерцева В.І., Копач Г.І.

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

У 2014 році був прийнятий закон України «Про вищу освіту» та проект Концепції розвитку освіти України на 2015-2025 роки. У ньому передбачається формування освітньо-наукових кластерів (на базі вузів), в яких фундаментальна наука підтримується прикладними дослідженнями [1].

У програмі реформування вищої школи враховуються перетворення середньої школи, які повинні відбутися до 2027 року. Школа буде трирівнева: початкова - 4 роки, базова середня освіта - 5 років (гімназії), профільна середня освіта - 3 роки (ліцеї та професійні коледжі). Тому школа стане профільною, учні ще в школі повинні будуть визначитися зі своєю спеціальністю. А додатковий рік навчання в профільній старшій школі замінить перший рік навчання у вузі. В результаті для отримання диплома бакалавра студенти вчитимуться не чотири роки, як зараз, а три. Таким чином, реформування вищої освіти передбачає перехід на триступеневу систему: трирічний бакалаврат, дворічну магістратуру і чотирирічну програму підготовки докторів філософії. Також повинен з'явитися «нульовий курс» для тих, кому після здобуття середньої освіти (яка, нагадаємо, буде профільною, а фізика в ній буде вивчатися в складі «інтегрованого» природничо-наукового курсу) потрібно перевчитися на нову спеціалізацію.

Курс загальної фізики є фундаментом технічної освіти, тому особливо важливою стає його роль в системі, що перебудовується, і реалізації принципово нових моделей підготовки висококваліфікованих фахівців, які не тільки знають предмет, але і вміють генерувати нові знання, а також знаходити нові креативні рішення. Навчальні плани з фізики опрацьовувалися багато десятиліть і до цього дня є ефективними. Саме наші інженери створювали нашу реальну економіку, були одними з найбільш плідних винахідників у світі, а потім успішно працювали на наших підприємствах і в інших країнах.

На сучасному етапі в навчальний процес повинні інтенсивно впроваджуватися нові експериментальні методики дослідження фізичних явищ із застосуванням комп'ютерних та інформаційних технологій. Лекційні аудиторії та лабораторні практикуми повинні бути оснащені сучасним обладнанням, яке дозволить проводити фізичні експерименти, і комп'ютерною технікою для обробки результатів вимірювань. На допомогу студентам на сайтах кафедр повинна бути розміщена вся необхідна для навчального процесу інформація - програми та короткі тексти лекцій з фізики, описи лабораторних робіт, задачки, методичні вказівки до лабораторних і практичних занять. При таких умовах фізика реально стане фундаментом технічної освіти.

Література:

[1] В Задорский. Проблемы инженерного образования в Украине. 05.12.2017. <https://blog.liga.net/user/vzadorskiy/article/28820>.

ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ «ИНЕРЦИЯ» НА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Пирог Д.С., Сендеров А.А., Алёшкина А.М.

ХЗОШ № 158, математический кружок,

г. Харьков

Цель работы: Исследование физического явления «ИНЕРЦИЯ» на компьютерной модели. Термин «ИНЕРЦИЯ» – от лат. Inertia — бездеятельность, пассивность. Инерция это важное, но не очевидное явление и в физике, и в жизни. Однако особенно оно неочевидно для учеников младшего и среднего возрастов из-за их ещё неумения самостоятельно мыслить, искать и проводить аналогии и т.д. Поэтому перед преподавателем стоит задача найти способ показать это явление с помощью простых, наглядных и убедительных экспериментов и примеров. В древности Аристотель утверждал **«Все, что находится в движении, движется благодаря воздействию другого»**. Однако в средние века сначала Галилео Галилей, а позже Исаак Ньютон подвергли сомнению этот тезис. Они задались вопросами: 1. В результате чего меняется скорость тела? 2. Как движется тело, если на него не действуют другие тела? 3. Что называется инерцией?

Галилео Галилей (1564 - 1642) усомнился в правильности учения Аристотеля. Он проводил опыты с движением шариков на горизонтальной и наклонной плоскостях. После чего пришёл к выводу — **для движения причина не нужна! Если на тело не действуют другие тела, скорость тела не изменяется.** Значит: Инерция – это явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел.

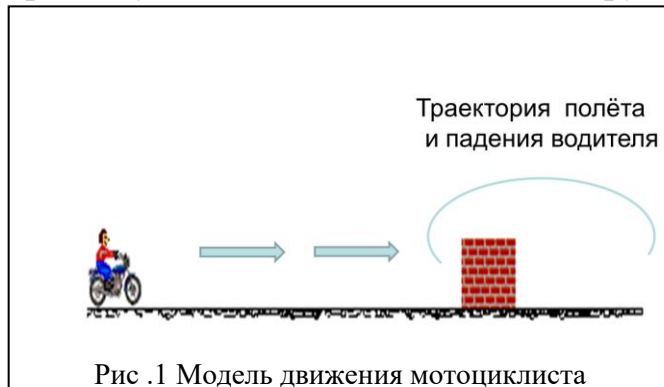


Рис .1 Модель движения мотоциклиста

Пример: мотоциклист движется с большой скоростью и сталкивается с преградой. При этом он вылетает из седла, летит по какой-то траектории падает (рис.1).

Цель исследования:

1. Определить что является траекторией падения мотоциклиста;
2. Найти время подъёма и высоту подъёма мотоциклиста;
3. Определить дальность полёта мотоциклиста.

Для решения этой задачи используем программу для расчётов и моделирования EXCEL (рис.2). Как видим, из этого примера, электронная таблица EXCEL позволяет решать подобные задачи.

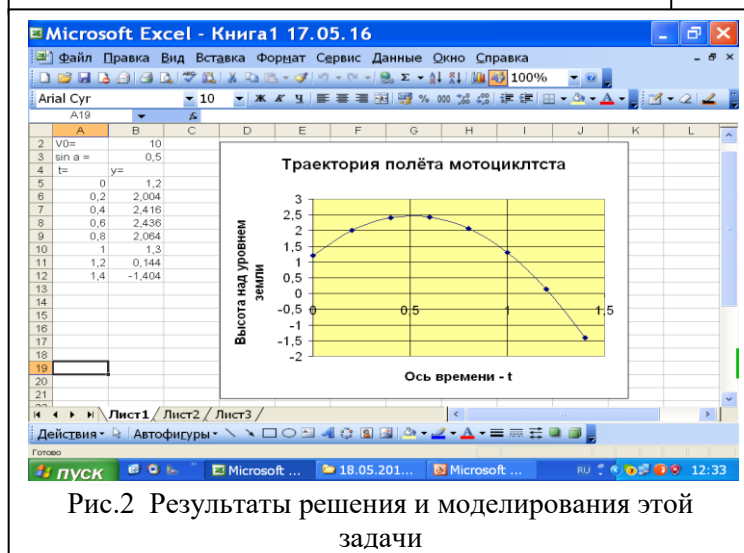


Рис.2 Результаты решения и моделирования этой задачи

К ВОПРОСУ О СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ В ОДНОАТОМНЫХ БЕСКОНЕЧНЫХ ПЛОСКОСТЯХ В ПРИБЛИЖЕНИИ БЛИЖНИХ СОСЕДЕЙ

Рожков А.А.

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

В рамках разрабатываемой последние годы теории совместно с сотрудниками ФТИНТ были получено дисперсионное уравнение собственных колебаний в системе, представляющей собой бесконечную плоскость, состоящую из квадратных ячеек.

При получении дисперсионного уравнения рассматривалось приближение ближних соседей в котором уравнение движения, описывающее систему имеет вид

$$m\ddot{u}_{(00)} = \alpha \{u_{(10)} + u_{(\bar{1}0)} + u_{(01)} + u_{(0\bar{1})} - 4u_{(00)}\}$$

Решение этого уравнения ищется в виде

$$u_{\gamma\delta}(t) = u_0 \exp\{ik_x a\gamma + ik_y a\delta - i\omega t\}$$

Отсюда находим дисперсионное уравнение в приближении ближних соседей

$$m\omega^2 = 4\alpha \left\{ \sin^2 \frac{k_x a}{2} + \sin^2 \frac{k_y a}{2} \right\}$$

Результаты работы могут быть использованы в исследованиях связанных с графенами.

Литература:

1. Косевич А.М. Теория кристаллической решётки / А.М. Косевич. –Х.: Вища школа, 1988.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕРМЕТИЧНОГО ТЕРМОВКЛАДИША ЄВРОФУРИ

Руденко М.З., Юшко С.В., Борщ О.Є., Городнича А.В.

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

Транспортування термочутливого вантажу (фрукти, овочі, вино і т.п.) потребує спеціальних термоізованих кузовів. В роботі досліджувались термоізоляційні властивості герметичного термовкладиша єврофури для транспортування термочутливого вантажу.

Для проведення досліджень була розроблена математичної 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, яка дозволяє визначати температурне поле та теплові потоки досліджуваного об'єкта.

Для верифікації розробленої математичної моделі та програми розрахунку створена фізична модель об'єкту, з якою проведені експериментальні дослідження. Порівняння даних фізичного експерименту та математичного розрахунку показало співпадіння результатів з розбіжністю не більш 14%.

З використанням створеної математичної моделі і програми розрахунку досліджувався вплив швидкості руху на процес охолодження, товщини теплоізоляції, температури навколишнього середовища і початкової температури вантажу на тривалість процесу його охолодження від початкової до мінімально допустимої температури, а також визначалась середня тепловтрата за час процесу охолодження. Отримані дані можна використовувати при плануванні логістичної діяльності.

Висновки: Швидкість руху єврофури не суттєво впливає на тривалість охолодження вантажу, тому немає необхідності встановлювати обмеження на швидкісний режим перевезення. Збільшення товщини теплоізоляції приводить до зростання тривалості охолодження, але не суттєво (для різних температурних режимів тривалість охолодження збільшується приблизно на 16%, а тепловтрати знижуються при цьому на 14%). Велике значення на тривалість охолодження термочутливого вантажу має його початкова температура при завантаженні. Збільшення температури від +5°C до +15°C приводить до зростання тривалості охолодження в 2 – 2,5 рази. Істотно впливає на швидкість охолодження температура навколишнього середовища.

Отже, при нетривалих термінах транспортування (1–2 доби) в умовах низьких температур повітря можливо використання термовкладиша без додаткового обігріву. При більших термінах транспортування для збереження продукту необхідно передбачити спільне застосування термовкладиша та додаткового обігрівача кузова з тепловою потужністю 3–4 кВт.

ВПЛИВ ПРЕСУВАННЯ І СТАРІННЯ НА МІКРОТВЕРДІСТЬ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$

Тавріна Т.В., Водоріз О.С.

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

Напівпровідникові тверді розчини $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$ залишаються одними з перспективних матеріалів для застосування в термоелектриці при виготовленні термоелектричних (ТЕ) генераторів середньотемпературного діапазону.

Властивості напівпровідникових твердих розчинів (ТР) залежать не лише від хімічного складу, але й від технології приготування зразків. Так, наприклад, пресування матеріалів дозволяє підвищити міцність та ступінь гомогенності зразків порівняно з литими. Тому питання про співвідношення характеристик литих і пресованих зразків одного й того ж матеріалу є актуальним. Крім того, при практичному застосуванні ТЕ пристроїв слід приймати до уваги вплив часового фактору на їх властивості, від якого залежить термін експлуатації. Важливою характеристикою ТЕ пристроїв є механічні властивості, зокрема мікротвердість (H).

Мета даної роботи полягає у дослідженні впливу технології приготування (пресування) та часового фактору (старіння за кімнатної температури протягом 3 років) на мікротвердість напівпровідникових ТР $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$ ($x = 0 \div 0.045$).

Дослідження проводили на литих зразках, одержаних методом прямого сплавлення високочистих компонентів з витримкою в розплаві впродовж 3 годин з подальшим гомогенізуючим відпалом за температури $T = 870$ К протягом $t = 235$ годин, а також на гарячепресованих ($T = 670$ К, тиск $P = 400$ МПа) відпалених зразках ($T = 720$, $t = 260$ годин). Мікротвердість вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3 за кімнатної температури. Час навантаження, витримки під навантаженням та зняття навантаження (по 10 с), а також величину навантаження на індентор обирали такими, за яких була практично відсутньою залежність H від цих параметрів. Величину H для кожного зразка визначали шляхом статистичної обробки не менш ніж 30 відбитків. Похибка вимірювання H складала ± 3 %.

Показано, що незалежно від способу приготування зразків (лиття чи пресування) залежність H від складу ТР має немонотонний характер з чітко вираженими аномаліями: поблизу $x = 0.01$ та $x = 0.02$ спостерігається ефект знеміцнення ТР. Встановлено, що старіння протягом 3 років за кімнатної температури практично не впливає на значення H і не змінює характеру залежності $H(x)$. Аномальний характер цієї залежності пов'язується з перколяційними ефектами при переході від розчинених до концентрованих ТР і повинен враховуватися при практичному застосуванні напівпровідникових ТР $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ТЕРМОСТАТКУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ КЕГОВИХ СХОВИЩ

Федченко К.К. Руденко М.З.

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

Відомо, що багато любителів пива, вважають за краще вживати його в охолодженому вигляді. В залежності від конкретної марки пива та температури зовнішнього середовища ступінь охолодження напою становить від +4 до +8°C. В зв'язку з цим, технологія приготування пива постійно удосконалюється. Виготовлене пиво відразу піддається охолодженню, проте після транспортування і тимчасового його зберігання, особливо в теплу пору року, відбувається нагрів пива, що істотно знижує його смакові якості і відповідно зменшує об'єм його споживання і продажу. Таким чином, існує технічна задача, яка полягає в тому, що б в місцях тимчасового зберігання і розливу кегового пива створити систему (спосіб та пристрій), яка змогла забезпечити істотне охолодження пива або його доохолодження, як під час його руху по пивному трубопроводі так і під час його розливу. Необхідно відмітити, що зниження температури розливної колони пива близько -5°C сприятиме створюванню навколо неї крижаного або сніжного покриву, який у свою чергу вже неситиме не тільки функціональний характер, але і мати оригінальний зовнішній вигляд, чим привертає увагу не тільки любителів пива, але всіх охочих відпочити, особливо в жаркий період року.

Аналіз інформації показав, що смакові характеристики залежать від швидкості його охолодження. Враховуючи це, запропоновано проводити охолодження пива в кегах в спеціальних холодильних камерах терміном 6 – 8 годин. Розроблена конструкція камери, проведена оцінка теплового навантаження та підібрано необхідне холодильне обладнання.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ ПЛЁНОК И ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ РФА

Халымон Ю.О., Решетняк М.В.

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

Толщина тонкопленочных твердотельных объектов существенно влияет на их свойства (электрические, магнитные, оптические и др). Применение рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) позволяет контролировать не только химический состав плёнок и покрытий, но и их толщину [1]:

$$\frac{I_{di}}{I_{(=)i}} = \frac{\int_{\lambda_0}^{\lambda_{Ei}} \frac{\tau_{\lambda} \cdot I_{\lambda} \left(1 - \exp \left(- \left(\frac{\mu_{\lambda}}{\sin \varphi} + \frac{\mu_i}{\sin \psi} \right) \rho d \right) \right)}{\frac{\mu_{\lambda}}{\sin \varphi} + \frac{\mu_i}{\sin \psi}} d\lambda}{\int_{\lambda_0}^{\lambda_{Ei}} \frac{\tau_{\lambda} \cdot I_{\lambda}}{\frac{\mu_{\lambda}}{\sin \varphi} + \frac{\mu_i}{\sin \psi}} d\lambda}$$

где I_{di} – интенсивность характеристической линии i от материал плёнки; $I_{(=)i}$ – интенсивность характеристической линии i от массивного материала; λ_0 – коротковолновая граница спектра; λ_{Ei} – длина волны края поглощения, соответствующего характеристической линии i в пробе; τ_{λ} – коэф. поглощения излучения с длиной волны λ в элементе i ; μ_{λ} – коэф. ослабления длиной волны λ в пробе; μ_i – коэф. ослабления излучения характеристической линии i в пробе; I_{λ} – интенсивность возбуждающего спектра; ρ – плотность материала; d – толщина плёнки.

В работе предложен алгоритм и создана программное обеспечение для численного расчета интенсивности характеристических линий для рентгенофлуоресцентного излучения от плёнок заданной толщины. Для спектрометров СПРУТ-К и СПРУТ-ВМ были рассчитаны глубины выхода флуоресценции характеристических линий в тонких плёнках Zr, Ni, Ti, Al. Рассчитаны зависимости относительных (по отношению к массивным материалам) интенсивностей характеристических линий элементов покрытия от толщины покрытия. Расчеты хорошо согласуются с экспериментальными результатами. Создан комплекс программ, позволяет автоматизировать процесс определения толщины однокомпонентных пленок по результатам РФА.

Литература:

1. С.Л. Дудик, Б.Д. Калинин, Р.И. Плотников, С.К. Савельев // Аналитика и контроль. Оценка глубины выхода флуоресцентного излучения из проб исследуемых материалов и определение толщин плёнок и покрытий на рентгеновском спектрометре "СПЕКТРОСКАН МАКС-GV" / —2006. —No 3/4. —С. 282-289.

ЯКІСТЬ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ

Храмова Т.І., Кривоніс С.С.

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

Світова тенденція сучасного розвитку - формування інноваційної економіки знань в умовах стрімкого розвитку техніки і технологій. Для розвитку інноваційного процесу ключовими і найдорожчими ресурсами є знання і професіоналізм. У зв'язку з цим набуває особливої значущості галузь, де споживаються, формуються і розподіляються дані ресурси - сфера освіти

Прогрес сучасного суспільства і перехід до інноваційної економіки в Україні неможливий без розвитку техніки і технологій, який багато в чому визначається якістю інженерної освіти. Незважаючи на підвищену увагу до проблем якісної підготовки професіонала, в сучасній практиці залишається безліч протиріч, пов'язаних як з вимірюванням і оцінкою якості вищої освіти, так і з її підвищенням. Слід зазначити, що сам термін «якість освіти» не має однозначного і прийнятого науково-педагогічного тлумачення.

Одне з основних завдань вузу - забезпечення високого рівня підготовки фахівців і формування особистості, готової до прийняття соціально відповідальних рішень в умовах відкритого суспільства, готових до інноваційного кар'єрного просування і професійного зросту.

Підвищення якості освіти в університеті забезпечується шляхом реалізації системних програмних заходів, спрямованих на впровадження моделей неперервної професійної освіти, рейтингової оцінки досягнень студентів, системи менеджменту якості, експериментальної діяльності по кредитно-модульній системі заєдкових одиниць, що забезпечує кожному студенту можливість формування індивідуальної освітньої траєкторії.

Сучасна матеріально-технічна база, включає навчально-лабораторні площі, телекомунікаційну інфраструктуру, що забезпечує високошвидкісний доступ студентів і викладачів до корпоративних, регіональних і глобальних інформаційних ресурсів. Віртуальні лабораторні комплекси дозволяють проводити навчальні заняття на високому рівні. Процес проникнення інформаційних технологій в різні сфери життєдіяльності людей, в тому числі в освіту, є загальноновизнаним світовим трендом ХХІ століття. При цьому ступінь проникнення і рівень розвиненості, а також ефективність впливу різні, що обумовлено комплексом чинників.

Тому у надзвичайно мінливому зовнішньому середовищі, виникають нові вимоги до професійних кадрів, що вимагає перегляду стратегій освіти. Промислові підприємства змушені працювати гнучко, створюючи нові системи відносин як з партнерами по бізнесу, так і зі своїми співробітниками і клієнтами. Це, в свою чергу, обумовлює необхідність оновлення базових знань фахівців інженерного профілю. З огляду на зростаючі темпи змін, процес оновлення знань і навичок повинен носити постійний характер. Можна говорити про формування нового соціального явища «універсального фахівця» - «транспрофесіонала», який легко адаптується до будь-яких систем.

STRUCTURE EVOLUTION OF AMORPHOUS Ti-Zr-Ni FILMS CAUSED BY ANNEALING

I.G. Shipkova, S.V. Malykhin, S.V. Surovitskiy, I.A. Kopylets, K.A. Zhelunitsina
National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv

It has been established by recent studies that in the Ti-Zr-Ni ternary system the formation of a quasicrystalline icosahedral phase is possible under certain alloy compositions and fabrication modes. Due to their high heat resistance, high corrosion resistance and high ability to absorb hydrogen Ti-Zr-Ni quasicrystals are possible candidates for high-temperature protective coatings of nuclear reactor assemblies and rocket engine elements as well for hydrogen accumulators. In this paper we consider the possibilities of manufacturing quasicrystalline coatings by annealing amorphous films that were made by magnetron sputtering. Target composition was close to the optimum ratio of components (Ti – 40 at.%, Zr – 40 at.%, Ni – 20 at.%) in which the appearance of a quasicrystalline phase is observed. Structure characteristics of the films were investigated by X-ray diffraction. X-ray diffraction analysis of the samples with a thickness of several microns was carried out immediately after fabrication, as well as after a series of annealing in the temperature range of 100-600°C. It has been established that starting from ~ 350°C several distinct maxima appear on diffractograms. Fig.1 shows the diffraction patterns of the coatings in the initial (x-ray amorphous) state and after annealing at 550°C. The theoretical bar diffractogram was calculated for the model of the icosahedral quasicrystal [1] and it was compared with experimental curves (see Fig. 1). We consider that above-mentioned primary maxima relate to a phase with a quasicrystal structure, and annealing is a promising method for fixing a quasicrystalline state in Ti-Zr-Ni films.

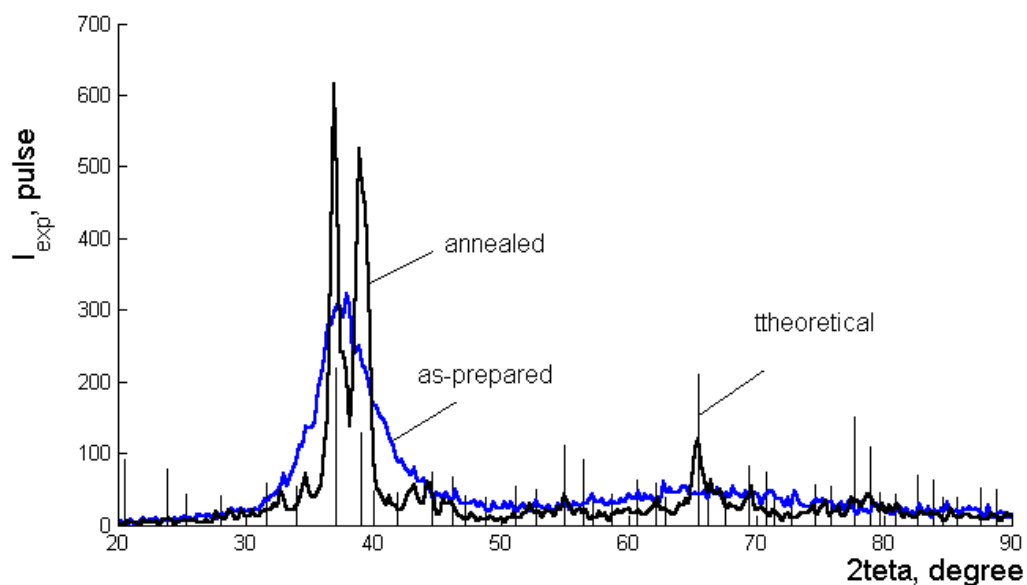


Fig.1 Diffractograms of Ti-Zr-Ni films

References:

- [1] J.W.Cahn Indexing of icosahedral quasiperiodic crystals // J. Mater. Res.- 1986.- v.1, N1.- p.13-26.

РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА (ХОЛОДА) ПОВІТРЯ В ПРИТОЧНО-ВИТЯЖНІЙ ВЕНТИЛЯЦІЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ

Юшко С.В., Калітка М.В., Істоцький С.В.

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

Одним із способів економії енергії є рекуперація тепла (або холоду) в системах комфортного або технологічного кондиціювання з приточно-витяжною вентиляцією. Для розрахунків складових теплопритоку в літній час (або тепловтрат в зимовий час) та їх відсоткового внеску розроблена програма розрахунку, вхідними величинами якої є геометричні розміри приміщення, теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій та температурні умови зовні та всередині приміщення. З використанням програми зроблен аналіз складових загального теплопритоку в літній час (або втрат тепла в зимовий час), який показує, що на примусову вентиляцію при кондиціюванні припадає до 25% в залежності від кратності повітрообміну, температурних та вологістних умов зовнішнього та внутрішнього повітря.

З метою зниження енергоспоживання системи кондиціювання, а також зниження її загальної теплової (холодильної) потужності запропоновано в приточно- витяжну вентиляційну систему додатково включити рекуперативний теплообмінний апарат повітря - повітря. Завдяки йому приточне повітря буде нагріватися (охолоджуватися) за рахунок витяжного повітря. Розрахунки складових теплопритоків (тепловтрат) та енерговтрат на подолання додаткового гідравлічного опору рекуперативного теплообмінника показують, що з- за наявності недорекуперації в теплообміннику його використання становиться доцільним при різниці температур зовні та всередині приміщення від 7 до 10 градусів.

Аналіз конструкцій теплообмінних апаратів для рекуперації тепла (холоду) повітря в приточно- витяжній вентиляції показав раціональність тих з них, які забезпечують інтенсифікацію теплообміну, а також мають близькі значення коефіцієнтів теплообміну та гідравлічних втрат приточного та витяжного потоків повітря. Цим умовам відповідають пластинчаті та пластинчато- ребристі конструкції.

Для рекуперації тепла (холоду) повітря пропонується використовувати пластинчаті теплообмінні апарати, перевагами яких є компактності та ефективності, низькі втрати тиску, економічність та простота обслуговування, гнучка можливість модернізації, низька забруднюваність та інше. Для проектування пластинчатого теплообмінного апарату для пластини заданого розміру (розрахунок кількості пластин, пакетів, каналів в пакеті, гідравлічних втрат) розроблен алгоритм та програма розрахунку для пакету Mathcad. З використанням програми проведено варіантні розрахунки для проектуємої системи та запропоновано раціональний варіант конструкції пластинчатого теплообмінного апарату.

Наукове видання

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

**Тези доповідей
XXVII МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2019**

**У чотирьох 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.