

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
**XXV МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2017**

У чотирьох частинах
Ч. I.

Харків 2017

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

Scientific publication

Abstracts
**XXV INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE
MicroCAD-2017**

The four parts
P. I.

Kharkiv 2017

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 XXV міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017р.: у 4 ч. Ч. I. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 314 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2017 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»,
2017

ЗМІСТ

Секція 1. Інформаційні та управляючі системи	4
Секція 2. Математичне моделювання в механіці і системах управління	53
Секція 3. Технологія та автоматизоване проектування в машинобудуванні	89
Секція 4. Фундаментальні та прикладні проблеми транспортного машинобудування	157
Секція 5. Моделювання робочих процесів в теплотехнологічному, енергетичному обладнанні та проблеми енергозбереження	241

СЕКЦІЯ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТА УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

IMPROVEMENT OF THE SIMULATION MODEL FOR FORECASTING THE DEVELOPMENT OF INDUSTRY IN UKRAINE

Babych I.I.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The paper is devoted to the development of an improved version of the simulation model for forecasting scientific and technological development of economic activities in Ukraine.

The original simulation model [1] was developed in 2008 by a team of scientists from the National Technical University "KhPI" within the framework of the State program of forecasting scientific and technological development of Ukraine. The main drawback of the simulation model developed in 2008 is the limited number of simulated types of economic activity and the fact that each type of economic activity is modelled separately from the others, although in a real production system there is a large number of inter-industry interactions both within the system and with external markets.

The analysis carried out in the framework of the research showed that the problem of modelling inter-industry interactions has been thoroughly studied and a wide range of publications has been devoted to it. The basis of most publications is the model of the interbranch balance (so called Input-Output model), developed by W. Leontief [2] and his followers.

The improvement of the simulation model was implemented through the development of two new model's units. Thus, to predict the process of production and distribution of products between economic activities, public sector, final consumption of the population, and foreign consumers the unit for modelling interbranch interactions has been integrated into the simulation model.

Another developed unit allows modelling production volume of import for intra-consumption (production needs) for each of the considered in the simulation model economic activity. The improved structure of the simulation model gives the ability to predict the development of industry in Ukraine not only in the context of its main industries but also in the context of economic activities that form the industries.

The improved simulation model is fully consistent with the new classifier of economic activities in Ukraine, which was developed on the basis of the international statistical classification of economic activities by the European Union (NACE). Thus, it is possible to use the improved simulation model to predict the development of the industry, not only in Ukraine but also in any European Union country.

The improved simulation model can be used by public authorities to build medium- and long-term forecasts for the development of both individual economic activities and the industry as a whole, as well as assessing the synergetic effect from the implementation of national-level projects on the state of Ukrainian industry.

References:

1. Kononenko, I. Forecasting of Results of the State-Level Projects Implementation [Text] / I. Kononenko, I. Babych // The 7th International Conference on Business, Management and Economics (ICBME 2011). E-Proceedings. – Cesme, Izmir, Turkey, 2011. – 15 p.
2. Leontief W. Input-Output Economics. New York, Oxford University Press, 1966. 257 p.

AUTOMATION OF THE PROCESS OF FORMING OF AN IT-PROJECT TEAM BASED ON COMPETENCY MODEL (USING LOGISTICS NETWORK PROJECT DEVELOPMENT AS AN EXAMPLE)

Bilokon O.M., Stratiienko N.K.

National technical university «Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

Human resource management is one of the key concepts in IT project management, including such processes as forming of a team, ensuring its activities and development. The success of the IT project largely depends on the effectiveness of team formation. Therefore, the development of software for solving the problem of IT project team building is relevant.

Analysis and planning techniques of forming project teams are conducted in this work. The problem of software development is formulated.

At the initial stage of the project, a list of its major tasks is formed ($X = X_1, X_2, \dots, X_n$). Then a list of competences which are required to perform each project activity is defined ($T = T_1, T_2, \dots, T_m$). Each considered competence consists of a set of components that reflect the degree of formation of the required knowledge, skills and experience in candidates. Evaluation of the candidate's competences can be obtained by experts' estimates. It is required to form a team for an IT project from the set of candidates and assign them to the project activities in order to minimize the total difference between the competences required for performing j^{th} activity and values of competence of i^{th} performer and j^{th} activity.

Competency model can be represented as an ontology that describes the relationship between the competences in a given domain. The following model is used for evaluation of the candidate's professional competence:

$$P = \sum_{i=1}^m k_i * p_i,$$

where P – overall assessment of competences;

p_i – assessment of i^{th} competence;

k_i – weight factor (importance) of i^{th} competence;

m – the total number of competences.

Evaluation of each competence was carried out according to scales 1-4 "higher than necessary," "full compliance", "satisfactory" and "unsatisfactory".

Software for the formation of competences of the IT project was developed, method of "weighted sum" was the mathematical basis for this software.

Database and class, use case, activity, component and deployment diagrams have been developed during the design process. The following technologies were used for software development: WPF and 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. At the beginning, the following categories of skills were chosen: "technical", "management" (leadership), "interpersonal communication" and "strategic". Then competences for each category have been identified and the importance of each competency has been identified according to the expert assessment. 100 candidates were considered.

TOWARDS MONITORING AND EVALUATION INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT

Cherednichenko O., Gontar Yu., Matveyev A.

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

The constant growth of the complexity of structure and processes in modern management systems leads to involvement of big volumes of data and, thus, to sophistication of models and methods of information processing. Despite the level of modern computer technologies development, the information used for management of complex systems is still characterized as incomplete, inaccurate, subjective and semi structured. This causes a low effectiveness of the formal models of data processing. On the other hand, the defined drawbacks of information do not allow to improve management performance based on the existing approaches.

Modern complex systems use different performance measurement systems for management purposes. This intends the existence of definite measurement criteria. However, usually the implementation of performance measurement systems has a formal or even mistaken character which may lead to wrong decisions and irreversible effects. The existing approaches are focused on the information that is collected inside the system. In this case data retrieved from external sources are used only for description of the external environment. This causes the need to explore the possibilities of using the external information for management purposes.

The suggested approach requires realization of monitoring and evaluation with respect to both types of data sources: internal and external. In particular we propose to complement the traditional monitoring system with a new technology of monitoring of data available on the web. As it was discussed in our previous works, the outcomes can be observed on the web [1, 2]. This information characterizes the results from outside of the management system. Therefore it should be taken into consideration while measuring the results. The involvement of external information may increase the completeness and relevancy of data. And the usage of web space as a data source provides new possibilities for automation of monitoring.

The concept of web-based monitoring was introduced. In the given research we represent the IT of web-based monitoring consisting of such key stages as data sources searching, data retrieval and performance indicators measurement. It allows to add value to business information used for decision-making.

Information gathered by monitoring system on the web has an unformalized, semi-structured character. It is stored in different formats and has a definite degree of incompleteness, inaccuracy, etc. this requires to solve the problem of integration of heterogeneous information taking into account its business value for management purposes.

References:

1. Cherednichenko, O. et. Information Technology of Web-Monitoring and Measurement of Outcomes in Higher Education Establishment. In: S. Wrycza: 8th SIGSAND/PLAIS EuroSymposium 2015, Springer, 2015, LNBIP Vol. 232, P. 103-116.
2. Cherednichenko, O. et. Development of distributed system of business-information processing based on the agent approach. Systems of Information processing – 2016. – № 4(141). – P. 137-142.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND SOFTWARE COMPONENTS OF THE INFORMATION SYSTEM OF SITUATIONAL MANAGEMENT IN THE ENTERPRISE

Drach T.O., Goloskokov O.E.
*National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv*

In this paper considered the structure of the company ERAMS Systems. The established his main goal: improving personnel management system. It was established that the company has a linear-functional management structure that is based on the close combination of linear and functional relationships in management. The company has installed, used and large-scale production.

Considered coordinates the company. Specifically, revenue from products (excluding taxes), cost of goods sold, gross profit, administrative expenses, income (loss) from operating in come and expenses, income (loss) from non-operating income and expenses, profits (down) net profit last year.

Based on the analysis of ERAMS Systems was established that the company requires measures to increase profits by improving personnel management system.

Methods and approaches were considered to the solution of the problem, such as economic management, social and psychological methods of management, administrative management, system approach, case management and situational fuzzy approach to management.

Based on the theoretical material management now found that the most effective approach to solving the problem of research is fuzzy situational approach [1]. Using this approach, managers can better understand which methods will contribute to the achievement of a particular situation. The technological scheme of control over the situation.

For identification of the enterprise proposed to apply the method of SWOT, with which you can make a specific list of strengths and weaknesses of the enterprise and their subsequent ranking [2].

References:

1. Поспелов Д.А. Принятие решений при нечетких основаниях. I. Универсальная шкала. - Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. - 1977.
2. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. "Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой", Наука, Физматлит, М., 1990.

CASE-BASED RECOMMENDER FOR INTELLIGENT TASK ASSIGNMENT IN SOFTWARE DEVELOPMENT

Tovstokorenko O.Y., Gamzayev R.O., Tkachuk M.V.

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

Modern task management systems (TMS) supports the following processes in any software development life cycle: task creation, visualization, notifications, resources assignment, configurability, and results reporting. TMS is an important part of software project management process, also it serves as the foundation for efficient workflow management in an organizations. One of the most time-consuming and quality important part of this process is task assignment. Case-Based Recommender (CBR) is proposed in this paper to resolve such kind of problems [1].

In order to apply CBR approach in the context of software project management it is necessary to make some additional modifications. The first one is task specification that extracted from TMS data store. We are going to use it as initial source information that depict relationship between tasks and developers who have already solved it. The next step is formatting of class sets, that are used for classification of new tasks in the CBR process. In this approach, a textual task description and developer ID are used as a case. When result set is represented, it is necessary to rank resulting group of developers. It can be done by using data about time of resolving task, amount of reopens (bugs) as a base. Additionally custom rankings for each unique project can be included. The most unexplored part of the described process is formatting a set of resolved cases. This part can be done totally by experts or using clustering methods for selecting some logical parts, afterwards experts just need to underline key words for each cluster.

<i>Cluster topic</i>	<i>Amount of tasks (%)</i>
User Interface	37,3
Context menu	27,8
Diagram generation process	16,1
Exception handling	9,5
Others	9,3

Eclipse system task files from open source were used in order to test the efficiency of clustering within this approach. We are using a simple algorithm based on the Levenshtein distance as a similarity rate.

The fact that it is possible to take satisfying results with the help of simple methods proves that it is possible to automate described part of task assignment process.

There are several issues remaining for our future work. First, clustering tasks approach should be performed and the second, possible sets of metrics for developers ranking has to be considered.

References:

1. Juan A. Recio-Garcia, Derek Bridge, A Case-Based Template Recommender System for Building Case-Based Systems 2008, Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Universidad Complutense de Madrid, Spain,-18p.

ОСОБЛИВОСТІ РЕЙТИНГОВОГО ПРОЦЕСУ КОРПОРАТИВНИХ КЛІЄНТІВ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ

Александрова Т.Є., Шавловський В.А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Умови жорсткої банківської конкуренції, що вимагають від кредитних організацій оперативного прийняття рішень щодо надання кредитних запозичень з метою залучення корпоративної клієнттури, з одного боку, і високих кредитних ризиків, що супроводжують кредитування реального сектора економіки, з іншого, культивують необхідність розробки та впровадження удосконалених технологій, здатних якісно і в прийнятні для клієнтів терміни оцінити їх кредитоспроможність[1]. З метою вирішення проблеми суміщення оперативності і якості оцінки кредитних ризиків позичальників пропонуємо один з варіантів розробки методики експрес-оцінки кредитоспроможності корпоративних клієнтів, яка дозволить визначити рейтинг клієнта комерційного банку[2].

Слід зазначити, що запропонована методика застосовує комплексний підхід к оцінці кредитоспроможності корпоративних клієнтів, що приймає до уваги не тільки їх фінансовий стан, але й якісні чинники їх діяльності, такі як рівень менеджменту, сутність угоди яка кредитується, структура власників та інше.

Процес розробки методики складається з декількох етапів, див. рис. 1.

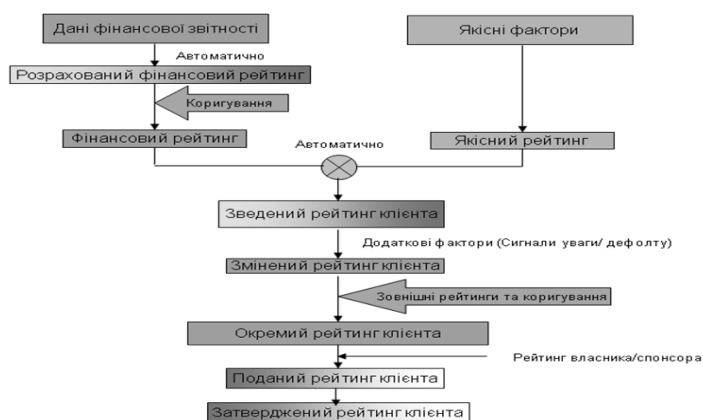


Рис. 1. Огляд процесу визначення рейтингу клієнта комерційного банку.

За допомогою методики, що пропонується, процес визначення рейтингу клієнта комерційного банку піднявся на якісно новий рівень, допомагаючи зменшити існуючу диспропорцію інформації між позичальниками та емітентами, з одного боку, і кредиторами та покупцями боргових зобов'язань з іншого. Нова методика визначення рейтингу клієнта комерційного банку дозволяє швидко й ефективно приймати відповідальні стратегічні рішення.

Література:

1. *Беляев Р.* Процесс проведения оценки кредитоспособности заемщиков/Управление корпоративными финансами. 2006. № 5. - с.8-11.
2. *Ковалев П.П.* Некоторые аспекты управления рисками/Деньги и кредит. 2006. с. 47–51.

АВТОМАТИЗОВАНЕ НАПОВНЕННЯ ЛІНГВІСТИЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ

Алєшко Є.О., Борисова Н.В.

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

Сучасне лінгвістичне дослідження навряд чи можливе без залучення лінгвістичних інформаційних та мовних ресурсів. Важливе місце серед них займають лінгвістичні бази даних, що містять структуровану інформацію про мовні одиниці різних рівнів (від морфеми до тексту) і різноманітну інформацію про ці одиниці. Можна виділити дві основні сфери їх застосування: 1) забезпечення функціонування різних автоматизованих систем, пов'язаних з обробкою тексту і мови (інформаційні, експертні, навчальні системи, системи аналізу мови, машинного перекладу та ін.); 2) автоматизація лексикографічної діяльності різного призначення і підготовки словників різного типу (навчальних, перекладацьких, нормативних, тлумачних та ін.).

Лінгвістичні бази даних мають певні особливості: розгалуженість структури, відхід у підлеглі таблиці, багато незаповнених лакун і наявність розгалуженої системи зв'язків між таблицями. Визначені особливості дозволили обрати цей вид інформаційного ресурсу для збереження інформації про слова-запозичення української мови. Дослідження цього мовного явища є необхідним та актуальним, оскільки згідно з сучасними лінгвістичними дослідженнями, запозичених слів в українській мові зараз 10-15% її лексичного складу. І хоча виникнення таких слів зумовлюється або тим, що у мові немає необхідних слів, що відображають те чи інше явище чи предмет, або тим, що існуючі слова з тієї чи іншої причини не влаштовують носіїв мови, їх використання має бути виправданим та збагачувати мову, а не засмічувати її. У зв'язку з цим завданнями даної роботи є дослідження особливостей слів-запозичень, що функціонують в українській мові, аналіз переваг та недоліків існуючих ресурсів, що зберігають слова-запозичення, та визначення механізму наповнення лінгвістичної бази даних таких слів. Аналіз недоліків існуючих ресурсів дозволив розробити наступний алгоритм автоматизованого наповнення лінгвістичної бази даних слів-запозичень:

1. Вибір слів-запозичень за визначеними правилами з існуючих електронних орфографічних словників української мови.

2. Вибір визначень слів-запозичень з існуючих тлумачних словників української мови.

3. Занесення обраної зі словників інформації у відповідні таблиці лінгвістичної бази даних. При цьому мова, з якої запозичене слово, вноситься у відповідне поле в залежності від того, яке правило вибору слова спрацювало.

4. Слово-оригінал (тобто слово вихідної мови, з якої відбулося запозичення) додається у відповідну таблицю вручну.

5. Поле «Ступінь запозичення» (повністю або частково) також заповнюється вручну.

Для реалізації лінгвістичної бази даних обрано СУБД Microsoft Access.

РОЗРОБКА WEB-СЕРВІСУ ДЕПУТАТСЬКИХ ЗАПИТІВ

Бабич І.І., Давиденко М.С., Бондар А.А., Кузьмін О.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В роботі розглядається питання розробки нового прикладного інструменту електронної демократії, що допоможе громадянам отримувати якісну та вичерпну інформацію щодо запитів Народних депутатів України, ефективно взаємодіяти та безпосередньо впливати на них, а Народним депутатам – досягти нового рівня прозорості та ефективності.

Проаналізовано існуюче рішення для представлення інформації щодо запитів Народних депутатів України на сайті Верховної Ради. Визначені його основні недоліки, до яких можна віднести застарілий дизайн, повільний пошук депутатських запитів по наявній базі даних, обмежена кількість параметрів для пошуку запитів, відсутність можливості сортування результатів пошуку за низкою критеріїв (дата, назва, тощо), відсутність інтеграції з соціальними мережами, відсутність знання-орієнтовного представлення інформації у вигляді сучасної аналітики та інфографіки щодо діяльності депутатів з даного напрямку.

Визначені основні вимоги до веб-сервісу депутатських запитів та спроектована його узагальнена архітектура. В якості архітектури сервісу обрана трирівнева архітектура «клієнт-сервер».

Розроблений веб-сервіс складається з наступних компонент: шар уявлень, шар бізнес-логіки, шар доступу до даних, шар синхронізації та парсингу необхідної інформації з сайту Верховної Ради України, база даних.

Програмна реалізація шару уявлень (клієнтської частини веб-сервісу) здійснена за допомогою адаптивного CSS-фреймворку TwitterBootstrap. Для візуалізації даних використана бібліотека D3.js (Data-DrivenDocuments). Серверна частина веб-сервісу реалізована за допомогою фреймворку ASP.NETMVC. В якості системи управління базою даних використана MicrosoftSQLServer.

Основними користувачами веб-сервісу є громадяни України, Народні депутати України та помічники Народних депутатів України. Для останніх двох типів користувачів реалізований особистий кабінет, де вони мають змогу додавати, видаляти та редагувати відповідні депутатські запити. Також реалізована панель адміністратора системи.

Звичайний користувач сервісу має змогу переглянути усі запити депутатів поточного скликання, поширити інформацію про будь-який депутатський запит в соціальних мережах, здійснити сортування та фільтрування депутатських запитів за низкою параметрів (автор, проблематика, тип запиту, установа одержувач, тощо), здійснити пошук депутатських запитів за автором, змістом, установою одержувачем запиту.

В рамках сервісу реалізована потужна система візуальної аналітики, яка розділена на індивідуальну аналітику по кожному з Народних депутатів та комплексну аналітику по усім депутатам разом.

НЕЧЕТКАЯ ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМОЙ ПРИБЫЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ КОМПАНИИ

Бабич И.И., Лобач Е.В., Лях Д.В.

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

В работе рассмотрен вопрос разработки экспертной системы, которая позволяла бы определять величину ожидаемой прибыльности для различных проектов компании на основе субъективных оценок параметров (факторов), влияющих на реализацию проекта.

Так как в процессе оценивания параметров проекта командой либо сугубо руководителем проекта неизбежно возникает определенная степень нечёткости, то для построения модели оценки прибыльности проекта предлагается использовать математический аппарат нечеткой логики. В качестве вида нечеткой модели выбрана нечеткая продукционная модель, которая в общем виде состоит из: 1) множества лингвистических переменных (входных и выходных); 2) базы нечетких продукционных правил; 3) процедуры фаззификации; 4) блока нечеткого логического вывода и 5) процедуры дефаззификации.

В качестве основных факторов, влияющих на реализацию проекта, выделены следующие входные лингвистические переменные: 1) сложность проекта, которая измеряется в баллах и рассчитываются при помощи специальной анкеты, разработанной авторами данной работы; 2) размер команды проекта, который измеряется в количестве сотрудников в эквиваленте полной занятости по отношению к плановой/договорной длительности проекта; 3) плановая (либо договорная) длительность реализации проекта, которая измеряется в месяцах. В качестве выходной лингвистической переменной рассматривается величина чистой прибыли в расчете на одного члена команды проекта за один месяц фактической реализации проекта.

Для каждой из перечисленных лингвистических переменных определены соответствующее терм-множества значений, состоящие из трех термов, а также построена трапециевидная функция принадлежности.

Построена база нечетких правил типа MISO (Multi Inputs – Single Output, много входов – один выход). База содержит $N = 3^3 = 27$ продукционных правил, т.к. на вход подается три входных переменных, каждая из которых содержит одинаковое число термов, равное трем.

В качестве алгоритма нечеткого вывода использовался алгоритм Мамдани. Дефаззификация выходной лингвистической переменной выполняется посредством центроидного метода.

Для реализации описанной системы нечеткого вывода применялся специальный пакет расширений FuzzyLogicToolbox for MATLAB.

Модель применена для оценки ожидаемой прибыльности перспективных проектов компании «LineUp», г. Харьков. Параметры функций принадлежности лингвистических переменных рассчитаны с использованием имеющейся базы знаний компании об успешно реализованных проектах за последние 5 лет.

ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМУ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ДАНИХ ПРО ПАРАМЕТРИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ ITS

Волков В.П.¹, Грицук І.В.¹, Грицук Ю.В.²,
Краснокутська З.І.³, Волков Ю.В.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м Харків,
²Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
м. Краматорськ, ³Національний транспортний університет, м. Київ

Найбільш відповідальним етапом роботи інформаційної моделі інтелектуального програмного комплексу (ІПК) "IdenMonDiaOperCon "HNADU-16"" є збирання і отримання даних про параметри технічного стану транспортного засобу (ТЗ), для якого основним параметром збирання даних є час (інтервал) отримання інформації про параметри технічного стану транспортного засобу в умовах ITS. При цьому виходимо з положень, що чим менше інтервал (час) збирання і отримання інформації, тим вище точність вимірювання параметра стану та, відповідно, прогнозу, але при цьому суттєво збільшується час розрахунку прогнозних значень параметра. Необхідними даними для процесів отримання даних і прогнозування параметрів стану є послідовності упорядкованих в часі числових показників, що характеризують значення основних параметрів технічного стану ТЗ, тобто повні інтервальні часові ряди, які представляємо, як компоненти у загальному вигляді:

$$y_{it} = F_i(t_i, x_{it}) + \varepsilon_{it}, \text{дет } i = 1, 2, \dots, T_i, \quad (1)$$

де: y_{it} - значення показників часових рядів параметрів технічного стану ТЗ; $F_i(t_i, x_{it})$ - детерміновані складові моніторингу стану; x_{it} - значення детермінованих факторів, що впливають на детерміновані складові F_i параметрів стану у відповідні моменти часу t_i ; ε_{it} - випадкові складові моніторингу стану; T_i - довжина часових рядів параметрів технічного стану ТЗ.

Крім цього, одночасно зі збором інформації про параметри технічного стану ТЗ здійснюється моніторинг розташування ТЗ у просторі (на мапі місцевості) з отриманням відповідних координат і визначення кодів DTCs (діагностичних кодів несправностей) ТЗ.

Для побудови часового ряду інформації про технічний стан ТЗ в системі моніторингу були розроблені і сформовані алгоритми процесу збору, які адаптовано до умов використання інформаційної моделі "IdenMonDiaOperCon "HNADU-16"" в межах віртуального підприємства з експлуатації засобів автомобільного транспорту.

Вхідними даними для алгоритму є період часу T за який здійснюється збір інформації і інтервал часу Δt , через який відбуватиметься зчитування інформації з датчиків.

Вихідними даними є масив даних, що містить часовий ряд значень параметрів D_i , $i = 1, 2, \dots, T / \Delta t$, який адаптовано для подальшої обробки в умовах робочого місця моніторингу стану ТЗ.

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Волков В.П.¹, Грицук І.В.¹, Грицук Ю.В.²,
Покшевницька Т.В.³, Волков Ю.В.¹

¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків,
² Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
м. Краматорськ, ³ Національний транспортний університет, м. Київ

В межах проаналізованих потоків даних, розроблена структура моделі інформаційного забезпечення системи моніторингу технічного стану транспортного засобу (ТЗ) в умовах експлуатації, яка показана на рис. 1. При її формуванні в умовах ITS, для проведення формалізації основних процесів, застосували методологію структурного аналізу і проектування SADT. Вихідними даними для проведення моніторингу технічного стану ТЗ, у відповідності до положень методології IDEF0, особливостей конструктивного виконання ТЗ і особливостей умов експлуатації, є інформація про технічний стан ТЗ, що отримується дистанційно.

Основними етапами обробки отриманої інформації про технічний стан ТЗ в ПК є ідентифікація ТЗ в просторі, системі моніторингу і нестационарних умовах експлуатації; збирання вихідних даних про параметри технічного стану і положення у просторі ТЗ, в умовах експлуатації; прогнозування параметрів стану ТЗ; ідентифікація умов експлуатації; діагностування стану, збирання повідомлень і даних діагностування ТЗ; перевірка відповідності дійсного стану ТЗ отриманим параметрам і умовам експлуатації, в процесі моніторингу.

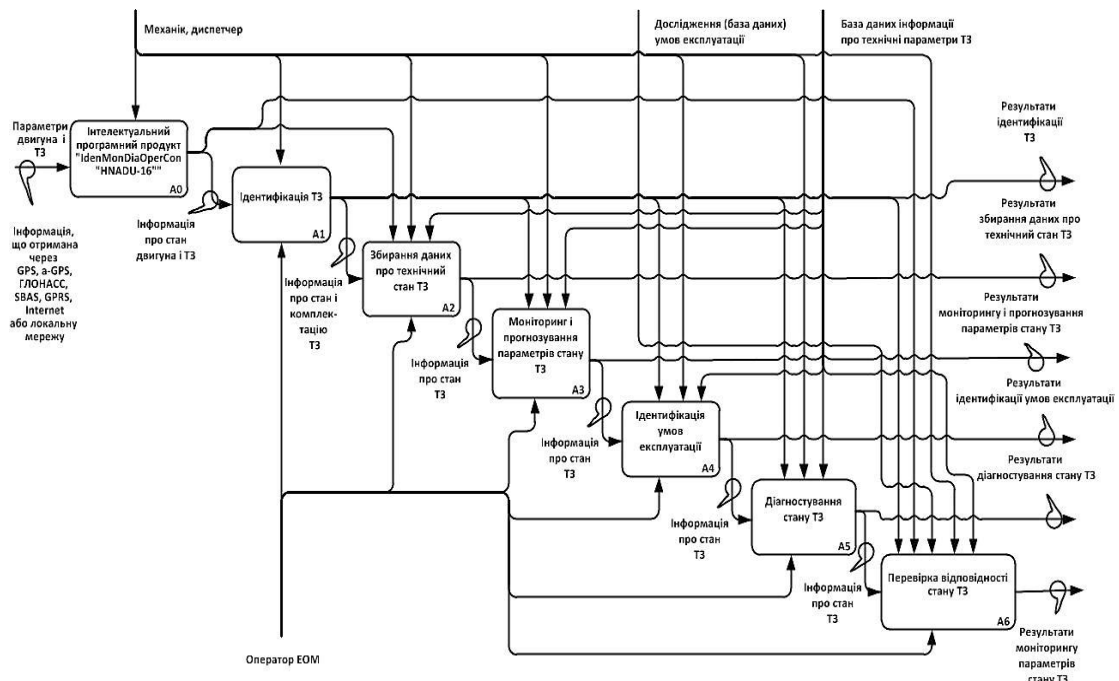


Рис. 1. Структурована інформаційна модель ПК "IdenMonDiaOperCon (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) "HNADU-16"

ВПРОВАДЖЕННЯ І РОЗВИТОК PLM-СИСТЕМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Володарець М.В.

*Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків*

З метою підвищення ефективності використання транспортних засобів в світовій практиці впроваджуються організаційно-технічні системи керування життєвим циклом виробів Product Lifecycle Management (PLM), які забезпечують керування всією інформацією про вироби і пов'язаними із ними процесами протягом його індивідуального життєвого циклу. Сучасні PLM-системи є складними програмними комплексами, в яких міститься інформація про об'єкт (в нашому випадку об'єктом є транспортний засіб) у вигляді його цифрового макету [1]. Сьогодні є очевидним впровадження і розвиток PLM-систем в Україні. Це викликано рядом економічних, соціальних, технологічних і екологічних факторів [2]. В життєвому циклі транспортного засобу можна виділити чотири основні фази: проектування, виробництво, експлуатація і утилізація (рисунок 1). В кожній з них є задачі, які необхідно вирішувати, при впровадженні системи управління життєвим циклом транспортного засобу з урахуванням існуючої методології і нормативно-технічної бази.

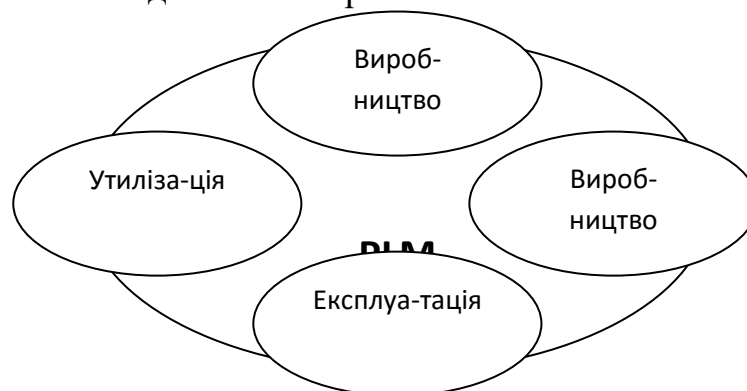


Рисунок 1 – Основні стадії життєвого циклу транспортного засобу в PLM-системі

Пропонується використовувати багатокритеріальний показник ефективності роботи PLM-системи, який має враховувати показники надійності транспортного засобу, безпеки його експлуатації, екологічні показники (в тому числі має враховуватись утилізація і рециклінг), показники експлуатації, технічні показники, а також економічні показники (в тому числі і вартість життєвого циклу).

Література:

1. Волков В. П. Особенности формирования жизненного цикла на основе CALS-технологии / В. П. Волков, И. В. Грицук, В. Н. Павленко, Н. В. Володарец // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - 2016. - Вып. 75. - С. 151-157.
2. Терентьев А.В., Беляев А.И. К вопросу развития системы управления жизненным циклом автомобиля // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2015. №5 (60) С.57-59.

ОЦІНКА ПОТРЕБ У РЕСУРСАХ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

¹Галайко С.С., ¹Воловщиков В.Ю., ²Шапо В.Ф.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

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

На сьогоднішній день основною метою роботи сучасних ІТ-компаній є впровадження ефективних інформаційних механізмів вирішення різноманітних задач, як фундаментальних так і прикладних, для різного роду клієнтів. Впровадження таких механізмів у вигляді найсучасніших програмних продуктів забезпечує підвищення ефективності виконання різного роду процесів.

Безпосередньому запуску проекту з розробки програмних продуктів повинна передувати їх всебічна оцінка. При оцінці організація-виконавач крім стандартних ризиків та проблем повинна враховувати сучасний та ефективний підхід замовника, який в більшості випадків бажає поєднати отримання точних оцінок за бюджетом та строкам і в подальшому їх контроль, і гнучкість зі сторони організації-виконавача у реалізації всіх нових вимог замовника, досягнення компромісу між вартістю проекту та його функціональністю. Таким чином, якісна оцінка проекту – запорука ефективної роботи організації-виконавача. В протилежному випадку проект може стати або збитковим, або строки виконання будуть зірвані, або замовник відмовиться від проекту. В будь-якому випадку репутація ІТ-компанії може бути знищеною.

Вирішення означеної проблематики полягає в знаходженні достовірних оцінок тривалості та вартості розробки програмного продукту.

В роботі на основі проведеного аналізу представлені існуючі підходи до оцінки потреб у ресурсах при розробці програмних продуктів. Зокрема, увага приділена таким класам підходів, як мікро та макро. Досліджені представники кожного – експертні методи (Дельфі, покерне планування, майка), формальні методи (лінійний підхід, метод трьох точок, аналіз варіантів використання, УСР, СОСОМО, СОСОМО II, імітаційні моделі, метод функціональний точок та його модифікації – метод точок властивостей, Mark II, FPA IFPUG та метод об'єктних точок), методи аналогії (проста, структурна), комбіновані методи і т.і. В роботі окреслені недоліки, переваги та межі застосування кожного.

В якості базового методу до дослідження було обрано метод СОСОМО II та його основу – метод функціональних точок для моделі ранньої розробки продукту. З метою формалізації процесу вирішення задачі оцінки потреб у ресурсах при розробці програмних продуктів було виконано опис та формалізацію відповідних методів.

Результати, отримані в даній роботі, в подальшому можуть бути використані для розвитку методологій оцінки потреб у ресурсах при розробці програмних продуктів та впровадження відповідної інформаційної технології.

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАННЯ НІМЕЦЬКІЙ МОВІ

Горошко Т.С., Борисова Н.В.

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

Ефективність використання інформаційних технологій у навчанні іноземним мовам в наш час не викликає сумнівів. Одним з напрямів такого використання є розробка комп'ютерних програм навчання іноземним мовам – програмних засобів, призначених для вирішення педагогічних задач, що мають предметний зміст та орієнтовані на взаємодію з особами, що навчаються. У межах даного дослідження основну увагу приділено комп'ютерним програмам навчання німецькій мові, а зокрема навчання основам її морфології. Незважаючи на те, що таких програм зараз багато, детальний аналіз функціональних можливостей деяких з них дозволив виділити певні недоліки, та зумовив необхідність розробки власної програми, яка працює за наступним алгоритмом:

1. Після вивчення теоретичного матеріалу користувач вводить будь-який текст німецькою мовою у відповідне вікно.

2. Користувач шукає у цьому тексті іменники та розподіляє їх за категоріями (записує у відповідні вікна): чоловічий рід, жіночий рід, середній рід, множина.

3. Після натискання кнопки «Перевірити», запускається підпрограма автоматичного визначення категорій іменників, яка самостійно шукає іменники у введеному тексті і також розподіляє їх за категоріями.

4. Результати розподілу користувача та підпрограми порівнюються.

5. Якщо розподіл слова є вірним, воно підсвічується зеленим, якщо ні – то червоним.

6. Результати виводяться у відповідному вікні.

Підпрограма автоматичного визначення категорій іменників працює за наступним алгоритмом:

1. Введений користувачем текст розбивається спочатку на речення, а потім на слова.

2. Здійснюється пошук артикля, а потім іменника, що стоїть за ним.

3. Знайдене слово порівнюється зі словами із словника виключень.

4. Якщо слово там знайдено, воно одразу відноситься до певної категорії.

5. Якщо не знайдено, розподіл здійснюється у відповідності до правил: спочатку аналізу піддається знайдений раніше артикль, а потім суфікс та закінчення.

6. Після цього слово також відноситься до певної категорії.

Розроблена програма має дружній та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Її суттєвою перевагою є те, що вона дозволяє користувачеві працювати з будь-якими текстами німецькою мовою, а не обмежує його тільки тими матеріалами, що містить сама.

РОЗРОБКА WEB-ДОДАТКА ДЛЯ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Іванов Є.М., Коваленко С.В.

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

Метою даної роботи є розробка системи, яка буде використовувати бінарну оцінку «позитивна» тональність або «негативна» тональність для дослідження алгоритму аналізу тональності змісту природно-мовних текстів з соціальних мереж [1].

У мережі Інтернет міститься величезна кількість різноманітних текстів. Це можуть бути статті у блогах, відгуки на продукти, повідомлення в соціальних мережах та інше. У даному контенті міститься велика кількість інформації.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання:

- розглянуто існуючі методи аналізу тональності тексту;
- проаналізовано існуючі алгоритми аналізу тональності тексту;
- визначено вимоги до розробки алгоритмічного забезпечення інтелектуального модуля аналізу емоційного змісту;
- розроблено модуль для аналізу тонального змісту природно-мовних повідомлень соціальних мереж Facebook та Twitter.

У розробленій системі, як один з алгоритмів обробки даних, використовується наївний байесівський класифікатор [2], який виглядає наступним чином:

$$C = \operatorname{argmax}_{c \in C} P(C | o_1, o_2, \dots, o_n) = \operatorname{argmax}_{c \in C} P(c) \prod_{i=1}^n P(o_i | c), \quad (1)$$

де C – набір класів, o_1, o_2, \dots, o_n – набір ознак. Класифікація зводиться до обчислення максимального значення аргументу при відомому наборі незалежних ознак o_1, o_2, \dots, o_n .

При цьому: $P(C) \prod_{i=1}^n P(o_i | c) = P(C) P(o_1 | c) P(o_2 | c) \dots P(o_n | c)$.

Обчислення ймовірності класу $P(C)$ при відомих ознаках o_1, o_2, \dots, o_n зводиться до наступного:

$$P(C | o_1, o_2, \dots, o_n) = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i | C) + 1}{\sum_{i=1}^n (C | A) + \sum_{i=1}^n A}, \quad (2)$$

де A – набір відомих ознак, отриманих при навчанні класифікатора

Класифікація тексту при цьому виглядає наступним чином:

$$C(T) = \max \sum_{i=1}^n (t_i | C), \quad (3)$$

де T – текст, що класифікується, а t_1, t_2, \dots, t_n – набір речень тексту.

Результатом проведеної роботи є система, яка визначає тональність змісту текстів з соціальних мереж Facebook та Twitter. Система пройшла тестування на різних соціальних профілях. Розроблений додаток може бути корисним у багатьох сферах, наприклад, при управлінні персоналом компанії.

Література:

1. Котельников Е. В. Автоматический анализ тональности текстов на основе методов машинного обучения. Вып. 11 (18), М.: Изд-во РГГУ, 2012. С. 27–36.
2. Lewis D. D. Naive (Bayes) atforty: Thein dependence assumptioninin format ionretrieval. Proceedings of 10th European Conference on Machine Learning, Chemnitz, Germany, 1998, pp. 4–15.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Капустин А.О., Кобылин О.А.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
г. Харьков*

В данной работе рассмотрена целесообразность применения вейвлет-анализа для обработки цитологических изображений. Предложен подход для автоматического выделения цитологических признаков на изображении.

Анализ и выделения особенностей изображений позволяет исследовать процессы, которые человеку не просто увидеть с помощью собственных глаз. Одним из самых мощных инструментов в обработке изображений является обработка изображений с использованием вейвлет-преобразования.

Вейвлет-преобразование – представление исходных данных в виде обобщенного ряда или системы базисных функций, которые образуются из материнского $\psi(t)$ вейвлета путем операции масштабирования a и сдвига b .

Для выделения контуров изображений нужно:

- вычислить горизонтальные разрывы исходного изображения F , представленного в виде матрицы, заданной своими отсчетами $f_{ij} \in \{0, 1, \dots, P\}, i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$ квадратной матрицы $M \times N$. Для этого

получим матрицу вейвлет-спектрограммы $W W[f_{ij}] = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} f_{ij} \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$, где

$\phi\left(\frac{t-b}{a}\right)$ – материнский вейвлет; a и b – масштаб и смещение функции $\phi(t)$.

Далее на основе спектрограммы для каждой строки исходного изображения F выбираем строку NN , для определения наибольшего разрыва, исходя из условия $NN = \max\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N w_{ij}\right)$, где w_{ij} – элемент вейвлет-спектрограммы анализируемой строки изображения F [1].

Аналогичным способом производится вычисление вертикальных разрывов изображения F для каждого его столбца.

Также для повышения четкости изображения необходимо выполнить его контрастирование, что позволяет выделить отдельные детали изображения. Также для минимизации фоновых точек в результате контрастирования можно выполнить фильтрацию, для сглаживания незначительных перепадов и удалить маленькие объекты на изображении. Это позволит выделять особенности цитологических изображений.

Литература:

1. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов. — М.: Мир, 2005. — 672 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМАНТИКИ В КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Капустина А.А., Кобылин О.А.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
г. Харьков*

В данной работе рассмотрена метрика подобия образа на основании проведенных психофизических экспериментов с целью получения представления о семантических категориях, анализе восприятия данных, а также использования этих данных для обнаружения особенностей.

Высокоуровневые семантические концепции играют важную роль в определении подобия изображений. Множество сложных алгоритмов, которые описывают цвета, формы и текстурные особенности, не позволяют адекватно моделировать семантику изображения и поэтому имеют много ограничений при работе с базами данных, которые содержат изображения с разным содержанием. В семантическом анализе изображений существуют сложности в определении подобия. Сложно определить искусственный объект или является ли он природным [1].

Первым шагом семантического анализа является анализ данных в ходе которого необходимо построить матрицу подобия $\Delta_{s_2}(i, j)$ для изображений. Содержимое матрицы $\Delta_{s_2}(i, j)$ представляет собой, сколько раз изображения i и j были отнесены к одной категории. Эта матрица подается на вход метода многомерного масштабирования. Следующий шаг это вычисление матрицы подобия $\Delta_{s_2, PC}$ для двух изображений и предварительных категорий.

Чтобы назначить семантическую категорию для входного изображения x , нам необходим набор функций для обработки изображений. Однако, когда мы сравниваем изображение x с семантической категорией c_i , нужно использовать только подмножество $f(x|c_i) \subset CFS(x)$, состоящее из функций, которые захватывают семантическую категорию c_i [2, 3].

Подобие между изображением x и категорией c_i определяется метрикой. Данная метрика представляет математическое описание классифицирования изображения в семантическую категорию. В работе предложен метод семантического анализа изображений и их классификация.

Литература:

1. Rogowitz B. E. et al. Perceptual image similarity experiments //Photonic West'98 Electronic Imaging. – International Society for Optics and Photonics, 1998. – С. 576-590.
2. Turk M., Pentland A. Eigenfaces for recognition //Journal of cognitive neuroscience. – 1991. – Т. 3. – №. 1. – С. 71-86.
3. Mojsilovic A. et al. Matching and retrieval based on the vocabulary and grammar of color patterns //IEEE transactions on image processing. – 2000. – Т. 9. – №. 1. – С. 38-54.

ВИКОРИСТАННЯ СУБД VERTICA ДЛЯ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

Коливанова Г.В., Яковлева О.В.

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків*

В даній роботі проаналізовано питання великих даних, а також інструменти, які існують для зберігання таких даних, наприклад HP Vertica.

Інтерес до технологій Big Data постійно зростає. Популярність цієї технології обумовлена прагненням бізнесу краще розуміти своїх клієнтів та потребою у пошуку нових каналів росту за рахунок відстеження ринкових закономірностей.

Великі дані (Big Data) - це сукупність структурованих і неструктурованих, постійно зростаючих даних, а також методів, інструментів і методів їх обробки в мережі з урахуванням різноманіття форматів і джерел даних. Метою обробки є отримання зрозумілих людині результатів, які узагальнюють поведінку досліджуваних об'єктів і дозволяють її прогнозувати.

На даний момент існує декілька спеціальних платформ і СУБД для зберігання і обробки великих даних: Hitachi Content Platform, Hitachi Network Attached Storage, EMC Isilon, IBM Netezza і т.д.

При виборі сервера зберігання даних для реалізації даної роботи було обрано HP Vertica. HP Vertica – це спеціалізована база даних, яка призначена для аналізу великого об'єму інформації в режимі реального часу. Архітектурні особливості HP Vertica дозволяють обробляти і надавати інформацію набагато швидше і ефективніше, ніж традиційні СУБД. Технології, що дозволяють досягти таких результатів: технологія колоночного зберігання, високоефективне стиснення, масово-паралельна архітектура (MPP), вбудована підтримка високої доступності (HA), стандартний SQL інтерфейс, автоматизований дизайнер БД, ідеологія «нульового» адміністрування.

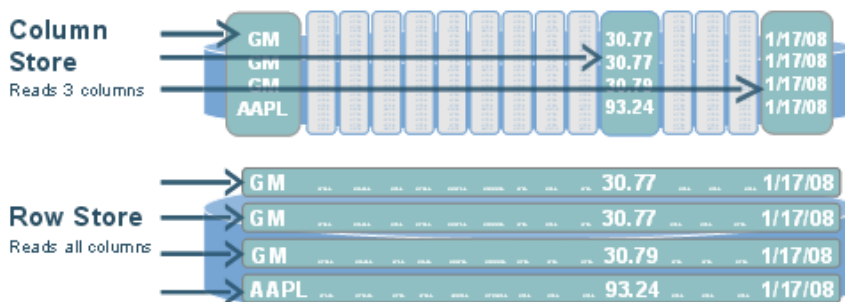


Рис.1 - Зберігання даних в HP Vertica

За допомогою HP Vertica було реалізовано таку задачу - відстеження активності користувачів на сайті в режимі реального часу. Програмно було реалізовано завантаження такої інформації: дані користувача, що ввійшов на сайт, пункти меню, які він обирає, розділи та сторінки, які відкривають для перегляду, а також час, який кожен користувач перебуває на сайті. Ця інформація потрібна для аналітики та покращення сайту в майбутньому.

В питанні великих даних є безліч різних задач, але варто пам'ятати, що для кожного класу задач потрібна своя система, яка допоможе обробляти дані. СУБД є Vertica призначена для вирішення аналітичних задач в реальному часі.

RFM-АНАЛИЗ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ CRM-СТРАТЕГИИ

Кононенко В.В., Орловский Д.Л.

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

Последние десятилетия прошлого века подарили миру всеобщую компьютеризацию и глобализацию рынков. Успешное ведение бизнеса без изменения его принципов, методов организации производства и продаж стало невозможным, особенно в развитых странах. Компьютерные и интернет-технологии сегодня позволяют клиенту гораздо проще и быстрее, нежели раньше, принимать решение о смене поставщика (продавца) товара. Клиенты стали более разборчивыми, они могут при принятии решений учитывать множество факторов. Поэтому компаниям также приходится их учитывать в своей работе, расширять ассортимент, изучать потребности клиентов.

В этих условиях работа с клиентами становится главной задачей компании, и, как следствие, возникла новая стратегия бизнеса, основанная на «клиентоориентированных» подходах. Эта стратегия получила название CRM (Customer Relationship Management) или управление взаимоотношениями с клиентами. Эта бизнес-стратегия касается маркетинга, рекламы, системы продаж, доставки и обслуживания клиентов, дизайна и производства новых продуктов, системы расчетов с клиентами и т.д. Одним из направлений CRM-стратегии является постоянный контроль состояния клиентов. Как правило, такой контроль выполняется в рамках RFM-анализа.

Основой данного анализа являются три параметра:

1. Recency (новизна) – давность транзакции/покупки. Чем меньший период времени прошел от последней активности, тем большая вероятность повторной.

2. Frequency (частота) – количество сделок, совершенных клиентом. Чем больше частота, тем больше вероятность повторения сделки в будущем.

3. Monetary (денежная ценность) – потраченная сумма денег. Чем больше сумма, тем больше вероятность повторной сделки.

Таким образом, в результате проведения RFM-анализа появляется возможность ранжировать клиентскую базу в группы по сроку проведения операции/покупки (**Recency**), частоте активностей/транзакций (**Frequency**) и ценности данных покупок (**Monetary**).

После проведения такого анализа определяются такие клиентские сегменты как:

- наиболее ценных клиентов (т.е. приносящих максимальную прибыль);
- постоянных клиентов (возможно, приносят компании небольшие, но постоянные доходы);
- развивающихся клиентов (недавно начавшие работать);
- клиентов, склонных к оттоку (уменьшение активности);
- ушедших клиентов (за определенный период времени не проведена ни одна транзакция/покупка).

УЗАГАЛЬНЕНА БІЗНЕС-СТРУКТУРА СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Копил М.О., Орловський Д.Л.
*Національний технічний університет
 «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Незважаючи на усі негаразди, авторинок на Україні є досить стабільним. Робота таких галузей, як торгівля автозапчастинами, послуги автосервісу, продаж і гарантійне обслуговування автомобілів, навіть супроводжується збільшенням конкуренції. І в даній ситуації якість наданих послуг стає одним із ключових інструментів конкурентної боротьби. Одним з найпоширених типів підприємств у цій галузі є станції технічного обслуговування (СТО) автомобілів. На сьогоднішній день СТО впритул підійшли до необхідності реструктуризації виробництва, а саме виділення логічно самостійних груп в окремі повноцінні підприємства зі своїм штатним розкладом. При цьому зберігається «вертикальна» структура підпорядкованості, і бухгалтерський облік здійснюється у загальній бухгалтерії. Узагальнена структура такої СТО наведена на рисунку 1.

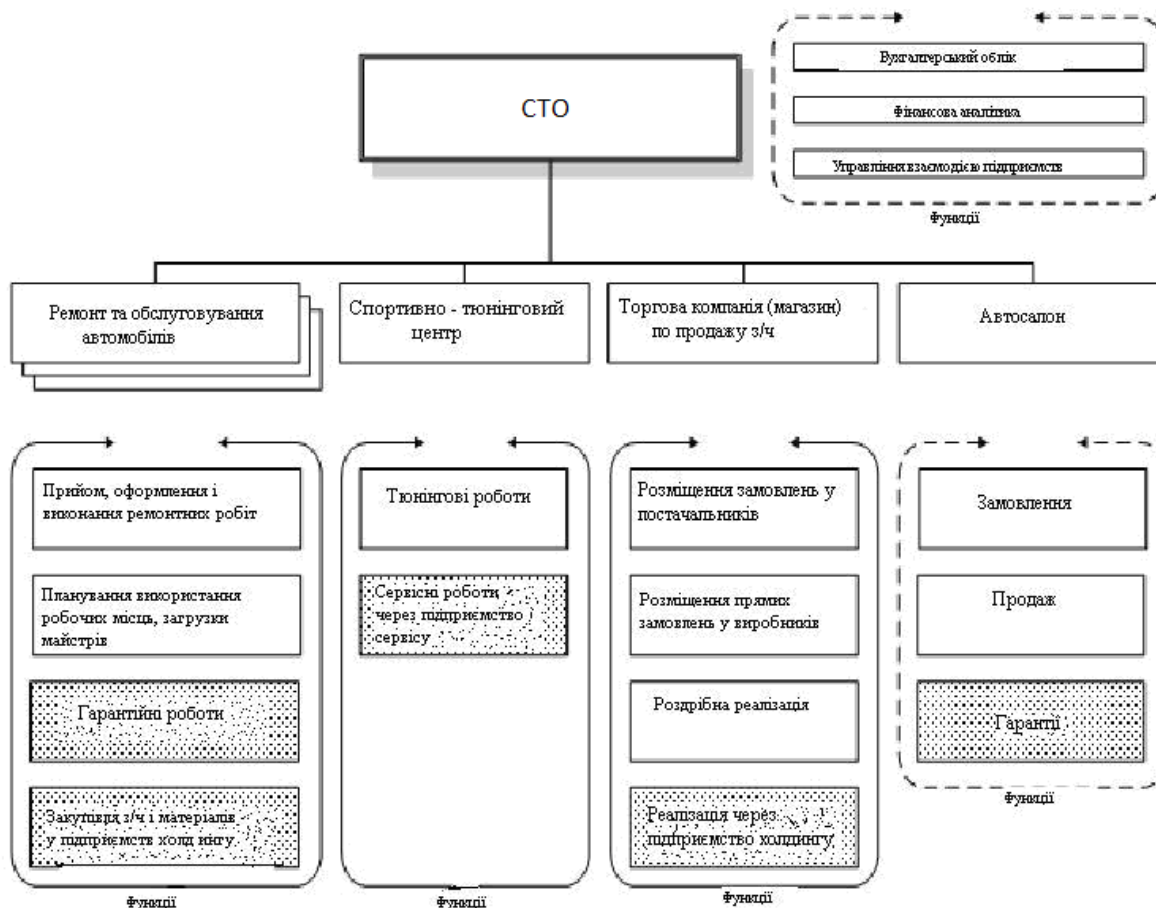


Рис. 1. Загальна структура багатопрофільної СТО

ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОНТЕНТ АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Копп А.М., Орловский Д.Л.

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

Весь объем информации, создаваемый во время работы над архитектурой предприятия, образует информационный контент архитектуры предприятия. Одним из компонентов методологии TOGAF (The Open Group Architecture Framework) является метамодель контента (рис. 1) – инструмент организации архитектурной информации таким образом, чтобы она была сконцентрирована вокруг потребностей заинтересованных сторон (stakeholders) [1].



Рис. 1. Упрощенная метамодель контента методологии TOGAF

Контент архитектуры предприятия (рис. 1) включает концепции, видение, референтные модели, описания, диаграммы, технические стандарты, каталоги и другие архитектурные продукты. TOGAF предполагает разделение на четыре домена для описания целостной архитектуры предприятия [1]:

- 1) бизнес-архитектура (Business Architecture);
- 2) архитектура приложений (Application Architecture);
- 3) архитектура данных (Data Architecture);
- 4) технологическая архитектура (Technical Architecture).

В состав методологии TOGAF входит понятие «континуума предприятия» (Enterprise Continuum) – совокупности составляющих контента архитектуры предприятия, используемых как «компоновочные блоки» (Building Blocks) на протяжении всего процесса разработки, внедрения и поддержки архитектуры предприятия в актуальном состоянии.

В качестве накопителя «компоновочных блоков» в TOGAF используется понятие архитектурного репозитория (Architecture Repository), позволяющего создавать готовые решения, используя накопленную информацию.

Литература:

1. Кудрявцев Д. В. Технологии бизнес-инжиниринга : учеб. пособие / Д. В. Кудрявцев, М. Ю. Арзуманян, Л. Ю. Григорьев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 427 с.

ОСНОВНІ МЕТРИКИ КОНЦЕПЦІЇ DEVOPS

Костенко С.А., Орловський Д.Л.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В роботі розглянуто питання виміру показників процесів при розробці та впровадженні програмного забезпечення із застосуванням практик концепції DevOps (акронім з англ. development and operations). Метрика – це міра, що дозволяє отримати чисельне значення деякої властивості програмного забезпечення або процесу. Наведемо основні метрики концепції DevOps [1].

Час розгортання (DLT – deployment lead time) – час від початку циклу розробки програмного забезпечення, до безпосередньо розгортання

$$DLT = AB_t + IC_t + TP_t,$$

де AB – час на збірку, IC – час на конфігурування, TP – час на тестування.

Середній час відновлення працездатності (MTTR – mean time to repair) – це середній час, необхідний для усунення неполадок і помилок програмного забезпечення і повернення його в заплановані умови експлуатації

$$MTTR = \frac{TM_t}{n},$$

де TM – час на відновлення, n – кількість неполадок.

Середній час між відмовами (MTBF – mean time between failures) – середній час, що минув від однієї помилки до іншої

$$MTBF = \frac{\sum (d_i - u_i)}{n},$$

де n – кількість неполадок, d_i – час початку роботи, u_i – час неполадки.

Середній час виявлення несправності (MTTD – mean time to detect). Вимірюється час, який минув від початку помилки, до визначення, чому виникла проблема і в чому вона полягає

$$MTTD = \frac{1}{n} * WM * DW,$$

де WM – кількість тижнів в місяць, DW – днів в тижні.

Доступність програмного забезпечення (A – availability) – це час, який математично виражається відношенням загального часу, коли програмне забезпечення знаходиться в працездатному стані, до загального часу експлуатації

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}.$$

Виходячи з визначення цих метрик, продуктивна DevOps-команда може проводити розгортання програмного забезпечення з більш низькою кількістю відмов і зменшеним часом на відновлення.

Література:

1. Bass L. J., Weber I. M., Zhu L. DevOps: a software architect's perspective/ L. J. Bass, I.M. Weber, L. Zhu // Addison Wesley. – 2016. – С. 6 – 53

СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРА ПОВРЕЖДЕНИЙ ТЕКСТУРЫ

Лупандина Е.А., Кобылин О.А.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
г. Харьков*

Эта работа посвящена разработке информационной системы, которая предоставила бы возможность идентифицировать повреждения текстур на изображении и классифицировать их. Эта система может быть полезна в областях контроля качества продукции, а также для систем навигации роботов. Методы распознавания текстурных неоднородностей локализуют места повреждения поверхности на изображении, а затем используют набор выявленных признаков для классификации обнаруженного дефекта.

Системы компьютерного зрения распространены в различных сферах жизни человека: на производстве, в охранных системах, в научных исследованиях. В том числе они используются для поиска объектов на изображениях. Распознавание в компьютерном зрении проводится на основе разделения изображения на кластеры по различным признакам, например, разделение изображения на области, имеющие однородные текстуры [1].

Под текстурами понимают такие типы изображений, класс которых обладает свойством эргодичности, то есть любое изображение данной текстуры является типовым и полностью характеризует все другие изображения, относящиеся к этому классу [2]. Под текстурной неоднородностью, или другими словами, дефектом текстуры можно понимать область на изображении поверхности, отличающуюся по своим характеристикам от основной.

Задачей данной работы является классификация найденных текстурных неоднородностей. Среди различных видов классификаций можно выделить задачу семантической классификации зрительных образов [3], позволяющую получить ответ на вопрос, что за предмет или образ представлен на изображении. Семантический анализ изображения состоит в определении ряда признаков, которыми обладают те или иные объекты, и определения меры сходства полученных признаков на изображении с эталонными их наборами в базе данных [3]. Такой анализ текстурных неоднородностей позволяет автоматизировать процесс классификации найденного дефекта поверхности и выделения характера повреждений.

Литература:

1. Шапиро Л. Стокман Дж. Компьютерное зрение. Пер. с англ //М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2006. – Т. 752.
2. Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие //СПб: СПбГУ ИТМО. – 2008. – Т. 192.
3. Smith J. R., Chang S. F. VisualSEEk: a fully automated content-based image query system //Proceedings of the fourth ACM international conference on Multimedia. – ACM, 1997. – С. 87-98.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПРОГРАМНОЇ КОМПОНЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ КЛІЄНТА БАНКА

Марков Р.Г., Голоскоков О.Є.

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

У дійсний час комерційні банки – головна ланка кредитної системи країни, в яку входять кредитні установи, що здійснюють різноманітні банківські операції для своїх клієнтів на початках комерційного розрахунку. Для цього вони використовують не тільки свій власний капітал, але й привернутий фінансовий капітал у вигляді вкладів, депозитів, міжбанківських кредитів та інших джерел. Однією з провідних функцій банку – є кредитування, яке містить у собі дуже великий ризик, через ймовірність низької кредитоспроможності його клієнтів, через їх фінансову недостатність. Саме з метою проведення процедури оцінки кредитоспроможності клієнтів банку й було розроблено математичне та програмне забезпечення у даній науковій роботі. Об'єктом дослідження є клієнт комерційного банку під час аналізу стратегії надання кредиту на споруду будівель та його характеристики, що використовуються для оцінки фінансового статку. Найвищим органом комерційного банку є загальні збори акціонерів. Безпосередньо діяльністю комерційного банку керує правління. Воно несе відповідальність перед загальними зборами акціонерів і радою банку. Правління складається з голови правління (президента), його заступників (віце-президентів) і інших членів. При правлінні банку зазвичай створюються кредитний комітет і ревізійна комісія. Саме у функції кредитного комітету й входить процедура оцінки кредитоспроможності клієнта банку, вказана на наступному слайді. Також вашій увазі надані вхідні змінні, якими характеризується клієнт. Скорінг є математичною або статистичною моделлю, за допомогою якої на основі кредитної історії «минулих» клієнтів банк намагається визначити, наскільки велика вірогідність, що конкретний потенційний позичальник поверне кредит в строк. Найбільш коректним та раціональним було обрано для вирішення даної задачі метод нечіткої логіки, який має у собі наступні переваги: надійність(проводить глибокий аналіз, знаходить закономірності,що не є помітними, може надавати більш точні рекомендації); можливість роботи при невеликому об'ємі початкових даних; схильність до адаптування під поточну ситуацію на ринку роздрібного кредитування відкритість: система спочатку влаштована так, що може автоматично пояснювати свої висновки.

В якості підходу до вирішення поставленої задачі було обрано метод нечіткого виводу Мамдані. ПЗ розроблено з використанням архітектури клієнт-сервер. Клієнтський додаток функціонує в середовищі .NET Framework 2.0 та взаємодіє з серверною частиною за допомогою засобу ADO.NET. На сервері реалізовано базу даних під керівництвом MS SQL Server. Таким чином, програмне забезпечення значною мірою сприяє зменшенню ризику в роботі комерційних банків, як головних джерел забезпечення грошовими ресурсами поточної господарської діяльності підприємств України.

ТЕХНОЛОГІЯ СКРИНІНГУ В МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Мельник К.В.

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

Останнім часом європейська політика охорони здоров'я значну увагу приділяє поліпшенню здоров'я та покращенню рівня благополуччя населення. Одним із прикладів такої політики є програма «Здоров'я 2020», яка була розроблена ВОЗ. Гарне здоров'я життєво необхідно для економічного і соціального розвитку та є важливою умовою відновлення економіки країни. Базові засади для підтримання нормального рівня здоров'я населення – це проведення комплексу профілактичних заходів з попередження і зниження захворюваності, інвалідності і смертності, раннього виявлення захворювань, диспансеризація та моніторинг здоров'я. Тому поліпшення якості проведення профілактичних заходів є дуже важливою задачею для медичних закладів. Одним з варіантів вирішення цієї задачі – це використання індивідуальних даних з медичних карт пацієнтів для визначення необхідних заходів, а не примусове проведення всіх існуючих заходів профілактики. Медична карта пацієнта - ключове джерело інформації: тут подано хронологію відвідувань пацієнта і призначень, є історія розвитку різних захворювань (анамнез), присутня загальна інформація про хворого, результати аналізів. З представленої інформації можна отримати дати профілактичних оглядів, виявити фактори ризику для захворювань, визначити групу ризику розвитку різних захворювань, яка в подальшому стане основою для визначення комплексу профілактичних скринінгових заходів. Тому задача скринінгу за допомогою медичних інформаційних систем залишається актуальною.

Для того, щоб максимально точно відобразити міркування лікаря при вирішенні задачі скринінга, пропонується застосовувати теорію інтелекту. Один з поширених підходів в даній теорії - це метод компараторної ідентифікації або метод порівняння, в основу якого покладена алгебра кінцевих предикатів. Опис предметної області за допомогою алгебри кінцевих предикатів заснований на принципі, що будь-який об'єкт або відношення можна записати через предикат, який використовує базисні предикати 0 і 1, операції кон'юнкції і диз'юнкції, а також предикат впізнавання x_i^a предмета a :

$$x_i^a = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_i = a \\ 0, & \text{якщо } x_i \neq a. \end{cases}$$

Одним з результатів використання методу компараторної ідентифікації для вирішення задачі скринінгу – є модель визначення групи ризику розвитку певних захворювань по медичній картці, навіть при відсутності істотної кількості інформації в картці. Певна група ризику пацієнта потребує проведення комплексу скринінгових процедур, які в подальшому дозволять уточнювати діагнози захворювань та попередити виникнення нових захворювань.

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТАРГЕТИРОВАННОЙ РЕКЛАМЫ

Мельник К.В., Киркин С.В.

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

Цель руководителя любого бизнеса - это создание и развитие прибыльного дела. Для этого должно быть удовлетворено максимальное количество условий: правильно подобранная ниша, выгодная экономическая ситуация в стране, хорошая конкурентоспособность бизнеса, эффективная таргетированная реклама. Рассмотрим последнее условие более подробно.

Таргетированная реклама – это рекламные объявления о предоставляемой услуге или товаре, демонстрируемые только тем пользователям, которые удовлетворяют определенному набору требований, заданному рекламодателем, то есть только заинтересованным лицам.

Таргетированную рекламу проще отслеживать и управлять ею. Процессом изменения рекламной кампании товара или услуги проще управлять, если известно заранее, каким критериям должны соответствовать определенные группы пользователей (рис.1). Правильное сегментирование аудитории и проведение индивидуальной рекламной кампании в каждом из этих сегментов значительно увеличивают эффективность рекламной кампании.



Рисунок 1 - Критерии отбора пользователей

Один из видов таргетированной рекламы с использованием информационных технологий - это рассылка рекламных сообщений целевой аудитории посредством использования электронной почты.

Для осуществления поставленной задачи необходимо решить следующие подзадачи: 1) сегментирование клиентской базы данных на классы в зависимости от их преимуществ и персональных данных; 2) формирование рекламных сообщений на основании потребностей клиентов, а также потребностей бизнеса; 3) проведение массовой рассылки таргетированной рекламы.

Для решения первой и второй задач предлагается использовать аппарат искусственных нейронных сетей, который позволит решить задачу сегментирования клиентов в условиях разнородной информации. Для третьей задачи предлагается использовать информационную распределенную систему, которая построена на основе сервис-ориентированной архитектуры (SOA), где для промежуточного слоя, ориентированного на обработку сообщений (message-oriented middleware), предлагается использовать бесплатную платформу типа RabbitMQ.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЦВЕТОВ РАСТРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Нечипоренко С. М.¹, Коваленко С. В.¹, Коваленко С. Н.²

¹*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,*

²*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков*

В работе рассматривается проблема снижения количества цветов или уменьшение глубины цвета для растрового графического изображения. При этом определение доминирующих цветов на изображении – очень полезная техника, которая может быть применена для реализации дизайнера, выбора палитры веб-сайта, формирования вышивки из фотографии и многого другого. Часто не имеет смысла хранить изображение, представленное всеми исходными цветами, а стоит сузить их количество до некоторого разумного предела. Такой процесс называется квантизацией цвета [1] – уменьшение количества цветов из всего подмножества, которым может быть представлено изображение, до некоторого меньшего значения.

Решение подобной задачи можно представить двумя способами:

1. Определение отношения пикселя к заданному набору цветов.

2. Группирование множества цветов с помощью методов кластерного анализа.

Второй способ предполагает группирование цветов, то есть объединение их в кластеры [2], используя некоторое сходство. В результате мы получаем заданное количество кластеров, из которых можем извлечь по одному доминирующему цвету. Обрабатываемыми объектами являются все пиксели изображения, которые рассматриваются как точки в трехмерном пространстве RGB . Для объектов определяется степень похожести, которую удобно измерить в виде расстояния между ними. Расстояние r между пикселями, заданными значениями (R_1, G_1, B_1) и (R_2, G_2, B_2) можно измерить с помощью метрики:

$$r = \sqrt{0.299(R_1 - R_2)^2 + 0.587(G_1 - G_2)^2 + 0.114(B_1 - B_2)^2}$$

При выборе метода кластеризации целесообразно остановиться на группе агломеративных алгоритмов, суть которых состоит в последовательном укрупнении кластеров.

Целью работы было создание программного обеспечения для формирования цветовой палитры растрового графического изображения. Количество цветов в сформированной палитре существенно меньше количества цветов исходного изображения. Разработанное программное обеспечение на языке C# позволяет получить для произвольного изображения палитру, состоящую из заданного количества цветов.

Литература:

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс // М: Техносфера, 2012. – 1104 с.

2. Паклин Н. Б. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям / Н. Б. Паклин, В. И. Орешков // СПб.: Питер, 2013. – 704 с.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРОГЕНЕРАТОРОМ ЕНЕРГОБЛОКУ АЕС

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

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

На чотирьох атомних електростанціях (АЕС) України експлуатуються 13 двоконтурних енергоблоків с реакторами ВВЕР-1000. У склад кожного енергоблоку входять 4 парогенератора типу ПГВ-1000. Парогенератор АЕС – це теплообмінний апарат, який служить для виробництва робочого пара за рахунок тепла, внесеного до нього теплоносієм з реактора. В перший період розвитку ядерної енергетики парогенератор входив до складу і одноконтурних АЕС. Основними характеристиками парогенератора АЕС є паропродуктивність, параметри пари та температура живильної води. Системи автоматичного управління (САУ) парогенераторів АЕС повинні стабілізувати рівень води в парогенераторі та його продуктивність з заданою точністю. Для забезпечення максимальної швидкодії та надійності САУ необхідні адекватні математичні моделі, які можливо отримати тільки завдяки ідентифікації параметрів теоретичних моделей САУ на підставі експериментальних даних перехідних процесів, які відбуваються в реальних генераторах.

Мета доповіді полягає а представленні математичних моделей систем автоматичного управління парогенератором ПГВ-1000 енергоблоку АЕС.

Проаналізована робота парогенератора ПГВ-1000 енергоблоку АЕС. Кожен ПГВ-1000 має горизонтальний циліндричний корпус, поверхню теплообміну утворюють 11000 трубок, над верхнім рядом трубного пучка розташований занурений дірчатий лист для гашення кінетичної енергії пароводяної суміші, через 10 патрубків пара з парогенератора відводиться в загальний колектор. Розглянута система автоматичного керування рівнем води в парогенераторі ПГВ-1000 з пропорційно-інтегральним регулятором у відносних змінних. На основі системи управління рівнем води розроблена математична модель САУ продуктивністю парогенератора, яка представлена в просторі станів з відносними змінними у вигляді системи диференціальних рівнянь в формі Коші. Розв'язані задачі ідентифікації параметрів моделей систем керування за експериментальними даними процесів відхилення рівня води та тиску в парогенераторі ПГВ-1000 з відключеним та включеним регулятором рівня. Ці задачі зведені до задач оптимізації векторних цільових функцій, що враховують обмеження змінних параметрів моделі, умови стійкості систем керування та вимогу мінімізації середньоквадратичного відхилення теоретичних та експериментальних процесів. Векторним методом оптимізації на основі комбінації генетичного алгоритму та методу деформованого багатогранника обчислено значення параметрів систем управління при обмеженні допустимого відхилення відносних значень параметрів, які забезпечують мінімальне середнє квадратичне відхилення змодельованих та експериментальних перехідних процесів. Побудовані динамічні процеси зміни стану систем автоматичного керування парогенератором.

АВТОМАТИЗОВАНЕ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО СЛОВНИКА

Ніфтілін В.В., Борисова Н.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій надає широкі можливості для здійснення наукових досліджень у найрізноманітніших сферах. Не є виключенням у цьому плані й соціолінгвістичні дослідження, що використовують інформаційні технології для збору інформації, для проведення дослідження та для обробки отриманих результатів. Саме інформаційні технології дозволяють швидко зібрати та обробити матеріал про стан сучасної живої мови, дослідити та простежити динаміку розвитку мовних явищ, що відбуваються на сучасному етапі розвитку суспільства, здійснити експериментальні дослідження, створити ефективні інструменти (програми, середовища, АРМ-и та ін.). Дане дослідження присвячене вивченню такого соціолінгвістичного явища як молодіжний сленг, науковий розгляд якого є важливою задачею, оскільки молодь є численним та соціально активним прошарком будь-якого суспільства й через неї сленгізми потрапляють у інші підсистеми мови, а отже сленг стає не тільки елементом мовного середовища, але й елементом культури суспільства. Для того, щоб зібрати базу даних дослідження, використовувався метод анкетування (опитування у письмовій формі) та спрямованого асоціативного експерименту (прийом виявлення асоціацій, що сформувалися у носія мови на базі накопиченого у нього попереднього досвіду, в умовах, коли дослідник формально та семантично обмежує респондента). Анкетування здійснювалося з використанням соціальних мереж. Анкету було створено за допомогою сервісу Google Форми. Анкета містить звернення до респондента, декілька питань про його вік, місце проживання, соціальний статус та прохання написати 10 сленгових слів, які використовуються ним у повсякденному житті, дати визначення цих слів та вказати їх емоційний відтінок. Результати анкетування зберігаються у Google Таблиці. Створена програма перетворює інформацію, отриману з файлу з результатами анкетування, безпосередньо на електронний словник. Крім того, завдяки наявності користувацького інтерфейсу, програма надає додаткові можливості пошуку, групування та сортування слів, а також надає інформацію про вживання сленгових слів молоддю різних вікових категорій, різних регіонів, з різним соціальним статусом. Словник молодіжного сленгу, створений за допомогою розробленої програми, не втрачатиме актуальності, завдяки постійному анкетуванню молоді через мережу Інтернет. Також планується створити веб-сторінку, де кожен бажаючий зможе безкоштовно завантажити програму автоматизованого створення електронних словників на свій комп'ютер та використовувати її у власних дослідженнях. Крім того, на цьому ж сайті зберігатиметься актуальна версія електронного словника молодіжного сленгу. Зворотній зв'язок з відвідувачами сайту надасть змогу удосконалювати програму, розширювати її функціональні можливості.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПРОГРАМНОЇ КОМПОНЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИБУТКУ ПІДПРИЄМСТВА

Нос Р.О., Голоскоков О.Є.

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

Современные лесопромышленные предприятия вынуждены постоянно заниматься улучшением своей деятельности. Это требует разработки новых технологий, повышения качества конечных результатов деятельности и, конечно, внедрения новых, более эффективных методов управления и организации деятельности предприятий.

Объектом исследования является процесс управления, функционирования и работы лесопромышленного предприятия, занимающегося заготовкой и первичной переработкой древесины.

Для описания объекта использовано 8 параметров, семь из них входные, они являются наблюдаемыми и один параметр- выходной, он является управляющим.

Каждая переменная представляется в виде лингвистической переменной, термы которой задаются функцией принадлежности гауссовского типа. Для обучения продукционной системы правил использовался метод Левенберга-Марквардта.

Программное обеспечение, разработанное для решения задачи моделирования, предполагает использование двумя пользователями: аналитиком и руководителем предприятия. Аналитик работает со статистической информацией, на основе данных получает базу правил, формирует нечеткие выводы, настраивает систему правил. Руководитель непосредственно проводит анализ, подавая на вход разные значения входных параметров и получая разные значения выходного параметра.

Для реализации математического обеспечения, а также получения численных расчетов было разработано программное средство в среде Java.

Для проверки численных расчетов использовалось программное средство MATLAB

С использованием нечеткой логики и модели функционирования предприятия определили функции принадлежности для входных и выходных параметров, задали систему нечетких продукционных правил. На основе полученных правил и методов сформировали нечеткий логический вывод. Опираясь на входными параметрами были найдены варианты, при которых предприятие может достичь максимального дохода. Наиболее влияющими оказались входные переменные: квалификация рабочей силы, утилизация отходов и прогнозное значение.

АВТОМАТИЧНИЙ ПОСТЕГІНГ КОРПУСУ ТЕКСТІВ

Оліфенко І.В., Борисова Н.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Необхідність обробки великих обсягів інформації викликає необхідність створення інформаційних систем автоматизованої або автоматичної обробки текстової інформації. Одним з видів таких систем є системи здатні до самонавчання, які, як правило, при первинному навчанні використовують корпуси текстів – набір текстів відібраний за визначеним критерієм та певним чином розмічений. Лінгвістична розмітка корпусів (англ. tagging, annotation) – це процес або результат приписування текстам з корпусу та/або їх компонентам спеціальних міток, що дає можливість ідентифікувати тексти за різними параметрами. Занадто детальна лінгвістична інформація, представлена в розмітці, якою забезпечуються великі корпуси текстів, може бути надлишковою і вимагати витрат невиправдано великої кількості часу та зусиль, в той час як цілі дослідження потребують мінімізувати трудовитрати, обмежившись лише необхідним у даному дослідженні набором міток.

Важливою частиною лінгвістичної розмітки корпусу є так званий постегінг (англ. Part of Speech (POS) tagging) – етап автоматичної обробки тексту, завданням якого є визначення частини мови і граматичних характеристик слів в текстах корпусу з приписуванням їм відповідних тегів.

При обробці текстів німецькою мовою проблеми полягають, по-перше, у недостатній кількості корпусів, а, по-друге, у надлишковій їх розмітці. Для вирішення цих проблем, а також на основі аналізу існуючих корпусів німецької мови та систем тегів розмітки було створено власний корпус, розроблено алгоритм автоматичної розмітки дієслів німецької мови та програму постегінга на мові програмування Python. Ця мова надає розробникам значний арсенал засобів обробки текстової інформації. Розроблений корпус містить тексти новин з трьох найпопулярніших новинних порталів Німеччини. Оскільки у корпусі представлені тексти сучасної німецької мови, то на ньому можна аналізувати сучасні тенденції мови та виявляти закономірності в залежності від мети дослідження. Що стосується розмітки корпусів, то на сьогоднішній день постегінг у німецькій мові реалізовано за допомогою таких інструментів як TreeTagger, OpenNLP Part-of-Speech Tags, Open Xerox, TagAnt, CQP-web та ін. Деякі з них мають також і власну систему розмітки слів, але зазвичай вони схожі та не мають явних відмінностей. Для реалізації власної автоматичної морфологічної розмітки дієслів були використані теги, розміщені на ресурсі Open Xerox. Застосування граматичних правил німецької мови дозволило здійснювати автоматичний постегінг дієслів, надаючи їм лише необхідну морфологічну інформацію. Отримані результати автоматичної розмітки було порівняно з розміткою існуючих корпусів німецької мови. Порівняльний аналіз показав, що розроблена програма постегінга правильно розмічає від 90 до 95% німецьких дієслів. Це свідчить про високу ефективність її роботи.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МНОЖИНИ КЛЮЧОВИХ СЛІВ

Орехова О.Л., Матвієнко І.О.

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

Останні дослідження підтвердили той факт, що інформаційні потоки відображають ринкові події [1]. Завдання виявлення нових подій з потоку повідомлень передбачає, що на вхід відповідної інформаційної технології послідовно надходять нові повідомлення. Повідомлення повинні мати наступні властивості: наявність ключових слів та залежності від часу. Як результат формується спеціальний словник ключових слів.

Побудова словника здійснюється шляхом аналізу гіпертексту, а саме аналізу контенту веб-сторінки, яка містить інформацію про товар чи послугу (рис. 1). Ця інформація про товари представляє собою «картку» товару: інформація про товар і виробника, відгуки споживачів та поточні новини стосовно даного товару. Такий веб сервіс має назву дошка оголошень.

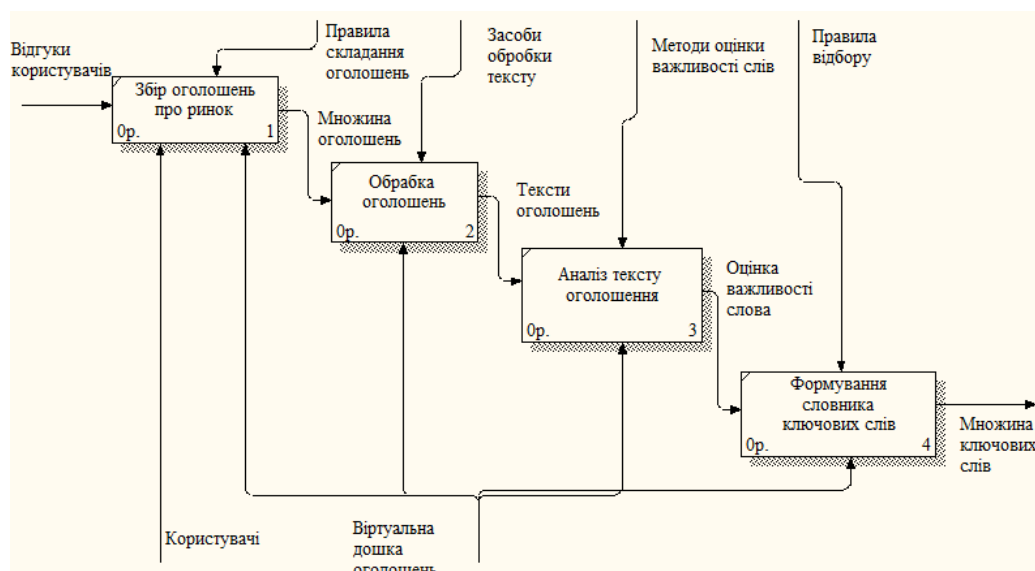


Рисунок 1 – Етапи вирішення задачі дослідження

Для вирішення задачі дослідження було запропоновано інформаційну технологію, яка включає наступні елементи: а) систему управління контенту, яка має постійний зв'язок з веб сервісом аналізу ключових слів (Yandex WordStat, Google AdWords, Bing KeyTool) та метрикою відвідувань (Yandex metrica, Google Analytics, Mail.ru тощо); б) підсистему управління товарами на підприємстві на платформі 1С:Підприємство; в) підсистему контент аналізу для формування першої версії словника.

Література:

1. Черенков І.А. Обоснование прогнозирования цен полимеров посредством новостного потока / И.А. Черенков, С.В. Орехов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр, 2010. – №5/7 (47). – С. 18-21.

ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО РЕЗЕРВА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ HRM-СИСТЕМЫ

Орловский Д.Л., Авада Мухамед Файсал
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Управление трудовыми ресурсами предприятия подразумевает, прежде всего, учет кадрового состава предприятия и его детальный анализ. Именно поэтому вопросы подбора квалифицированного персонала в настоящее время являются исключительно важными для руководства предприятия.

Как следствие, увеличивается нагрузка на подразделения и службы предприятия, связанные с поиском, подбором и расстановкой кадров, возникает необходимость в информационной поддержке их деятельности. Для решения этих задач используется класс информационных систем, получивших название HRM (Human Resource Management).

Одной из проблем, возникающих в современных условиях при управлении трудовыми ресурсами, является формирование так называемого кадрового резерва – т.е. людей, с помощью которых можно заполнить вакантные рабочие места, возникающие на предприятии, которых можно рассматривать как потенциальных кандидатов на повышение в должности и т.д.

Формированием такого резерва, как правило, занимается кадровая служба предприятия. При этом потенциальных кандидатов необходимо искать, оценивать их, хранить информацию о перспективных кандидатах и т.д. Сведения, сообщаемые потенциальными кандидатами при проведении собеседования, анкетирования, других форм взаимодействия могут быть неоднородными, не всегда полными и точными.

В работе предлагается формальный подход, базирующийся на использовании методов нечеткой логики при решении задачи оценивания кандидатов на вакантные места и формировании кадрового резерва на предприятии. Это подразумевает наличие базы данных, обеспечивающей хранение и обработку соответствующей информации. Это позволит работникам кадровой службы уменьшить количество потенциальных кандидатов за счет их предварительного отсева, сосредоточиться на работе с наиболее перспективными кандидатами.

О ВОЗМОЖНОСТИ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ

Прокопенков В.Ф.

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

Генетические алгоритмы (ГА) используются для решения задач дискретной оптимизации, не имеющих полиномиальных алгоритмов получения оптимума. Эти задачи относятся к классу трудно решаемых задач (*NP*). Их сложность обусловлена размером пространства решений, которое необходимо перебрать для выбора наилучшего. ГА реализуют эвристический поиск, моделируя естественный отбор в природе. Специалист однозначно скажет, что ГА не гарантируют отыскания оптимального решения задачи. Но ГА просты в реализации и за одно применение позволяют получать более одного решения.

Для ответа на вопрос: как ГА гарантировать получение оптимального решения необходимо обратиться к анализу схемы построения ГА. Каждое решение представляется как отдельная особь. Совокупность решений – это популяция. На каждой итерации алгоритма (эпохе) текущее поколение производит множество новых особей, используя механизмы размножения (скрещивания) и мутации. Из этого множества путём селекции выбираются лучшие, составляющие новое поколение. И так до выполнения условия остановки. Вы отчасти будете правы, если укажете, что факторами, влияющими на эффективность ГА являются: численность популяции, количество эпох и др. численные параметры.

Но большее влияние на эффективность оказывают такие качественные элементы как: способ генного кодирования решения, качественный состав начальной популяции, реализация механизмов размножения и мутации, выбор функции селекции. Вероятно, невзвешенный подход к определению этих элементов и определяет малую эффективность применения ГА.

Форма выбранного генного описания решения должна указывать на возможную эволюцию решения. Состав начальной популяции должен быть таков, чтобы набор генов оптимального решения был подмножеством совокупного набора генов начальной популяции. Механизм скрещивания должен обеспечивать расширенное воспроизводство родительской пары (если скрещивание может приводить более чем к двум допустимым решениям). Функция селекции должна гарантировать, что отбор по показателю качества решения на текущем шаге не приведёт к потере качества в результате применения всей схемы в целом.

Механизм мутации является самым прогрессивным в смысле достижения лучшего решения. Но в конкретной задаче и скрещивание и мутация могут приводить к получению потомков, которые являются недопустимыми. Это обязывает приводить их в рамки допустимого решения, что может свести мутацию к нулю. Поэтому эти механизмы должны эксплуатировать форму генного кодирования решения для получения из полученных недопустимых решений всех возможных допустимых решений задачи. Это и повысит производительность и исключит возможную случайную потерю оптимума.

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КРИПТОСИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Прокопенков В.Ф., Кожин Ю.Н.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Криптосистема обеспечивает канал обмена информацией и в её задачи входит обеспечение конфиденциальности, аутентификации и целостности передачи информации (текста) от отправителя к получателю. Развитие криптографии выработало основные требования к криптосистемам: знание алгоритма шифрования не должно снижать криптостойкость; зашифрованное сообщение не должно читаться без знания ключа; шифр должен быть устойчив к взлому независимо от наличия большого количества исходных и зашифрованных данных; сложность взлома шифра должна многократно превышать возможности современных компьютеров; незначительное изменение ключа должно существенно изменять зашифрованную информацию; структурные элементы алгоритма шифрования не должны меняться; длина исходного и зашифрованного текста должны совпадать; вводимые в зашифрованный текст дополнительные биты должны быть надёжно скрыты; не должно быть простых зависимостей между ключами, используемыми в процессе шифрования; все возможные ключи должны обеспечивать равную криптостойкость. Современные криптосистемы не являются идеальными или абсолютно криптостойкими. Их надёжность зависит только от быстродействия используемой для взлома вычислительной системы. Говорить о теоретически абсолютной криптостойкости можно, если длина ключа шифрования и исходного текста совпадают, а используемый ключ одноразовый и случайный. Современные криптосистемы делятся на симметричные и системы с открытым ключом. Первые требуют сокрытия ключа шифрования (дешифрования). Во вторых, открытый ключ используется для шифрования, а связанный с ним ключ дешифрования хранится в секрете. Знание открытого ключа теоретически позволяет выполнить расшифровку, но сложность такого дешифрования многократно превышает сложность шифрования, что и обеспечивает защиту текста.

Для решения проблем предлагаются новые принципы построения криптосистем со свойствами абсолютной криптостойкости. В криптосистеме необходимо выделить два независимых друг от друга блока: блок генерации одноразового ключа, по длине совпадающего с длиной шифруемого текста и блок шифрования, который использует этот ключ. Сгенерированный ключ абсолютно секретен, т.е. недоступен ни его пользователям, ни третьим лицам. Секретным должен быть и метод его генерации, который также должен обладать свойством случайности – алгоритм генерации ключа должен изменяться в зависимости от команды блока генерации ключа (первичного ключа, который также хранится в тайне). Особенно важным для повышения криптостойкости является реализация многоуровневого шифрования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассадкин Д.А., Орловский Д.Л.

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

Одним из аспектов контроля деятельности предприятия является выявление проблемных ситуаций. Под проблемными ситуациями в данном случае подразумеваются существенные отклонения фактического режима работы от запланированного. При этом как запланированный, так и фактический режим характеризуются значениями множества показателей. Существует множество различных подходов, позволяющих решить эту задачу. Одним из возможных является применение сбалансированной системы показателей (BSC – Balanced Scorecard) [1]. Задача сбалансированной системы показателей состоит в том, чтобы трансформировать как миссию, так и текущую работу предприятия в конкретные, вполне осязаемые задачи и показатели. Эти показатели представляют собой баланс между внешними и внутренними характеристиками наиболее значимых бизнес-процессов, инноваций, обучения и роста.

В качестве основных категорий показателей можно выделить [2]:

- финансовые: доход, рентабельность, затраты, производительность и т.д.;
- взаимоотношения с клиентами: доля рынка, процент потребителей, степень удовлетворенности потребителей, потери от продаж, затраты на маркетинг и т.д.;
- измерение результатов внутренних бизнес-процессов: эффективность, время простоя, число поломок, процент задержки выполнения заказа и т.д.;
- показатели составляющей обучения и развития персонала: производительность труда, расходы на обучение сотрудников, прибыль на одного работника, процент квалифицированных работников и т.д.

Цели и показатели данной системы формируются в зависимости от стратегии и тактики каждого конкретного предприятия. Собранные данные должны быть достоверными и отражать текущую ситуацию деятельности предприятия. Регулярность обновления данных должна определяться потребностью в них со стороны органов стратегического и оперативного управления. Для разных показателей период их обновления может быть различным. Источником данных могут служить различные виды отчетности предприятия.

Литература:

1. Браун Марк Г. Сбалансированная система показателей: на маршруте внедрения: пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.
2. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Сбалансированная система показателей: от стратегии к действию: 2-е изд., пер. с англ. – М.: Олимп–Бизнес, 2003.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000 ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В МАНЕВРЕННЫХ РЕЖИМАХ

Северин В.П., Никулина Е.Н., Лукинова Д.А.

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

В настоящее время решение задач энергосбережения и энергоэффективности приводит к рассмотрению проблем маневрирования мощностями энергоблоков АЭС. Значительную часть электроэнергии в Украине вырабатывают на атомных электростанциях с реакторами ВВЭР-1000.

При эксплуатации энергоблока в маневренных режимах возникает необходимость в режиме реального времени контролировать быстрое изменение множества технологических параметров, которые влияют на устойчивость работы реактора. В рамках задачи синтеза системы управления энергоблока при работе в маневренных режимах рассматривается задача многокритериального синтеза системы управления турбиной с нечеткими регуляторами на основе линейных и нелинейных моделей. Синтез нечетких регуляторов связан с многоэкстремальными целевыми функциями, для оптимизации которых применяются методы глобального поиска – генетические алгоритмы [1].

При решении задач многокритериального синтеза нелинейных систем управления используется упрощенная векторная целевая функция, которая учитывает ограничения переменных параметров, ограничения перерегулирования и размаха колебаний, а также требования минимальности времени регулирования. Важнейшими частными критериями качества в системе управления турбиной являются прямые показатели качества – перерегулирование или максимальное отклонение управляемой величины, показатели колебаний переходных процессов, которые могут иметь различный приоритет для обеспечения устойчивой работы турбины и всего энергоблока АЭС. При управлении турбиной наивысший приоритет имеет максимальное отклонение частоты вращения ротора турбины, так как при его больших значениях возможно разрушение агрегата, поэтому максимальное отклонение частоты должно не должно превосходить допустимого значения. Важным показателем является размах колебаний для переходного процесса изменения частоты, который тоже не должен превосходить заданного значения. Также в модели присутствует такой показатель, как время регулирования, который определяет быстродействие систем управления и минимизируется.

Для задачи синтеза, имеющей многоэкстремальные целевые функции показателей качества нечетких систем управления, применяется векторный комбинированный генетический алгоритм с методом Нелдера-Мида.

Литература:

1. Северин В. П. Многоцелевая оптимизация систем управления паровой турбиной К-1000-60/1500 на основе векторной целевой функции / В. П. Северин, Е. Н. Никулина, К. Б. Годлевская // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 13(987). – С. 24-29.

НЕЛІНІЙНІ МОДЕЛІ ПАРОВИХ ТУРБІН АЕС ДЛЯ МАНЕВРЕНИХ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

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

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

Парові турбіни типу К-1000-60/1500-2 енергоблоків з ядерними реакторами ВВЕР-1000 дозволяють генерувати атомним електростанціям значну частку електричної енергії України та експлуатуються в режимі стабілізації потужності енергоблоку. Проте внаслідок невідповідності між генеруванням і споживанням електричної енергії упродовж добового циклу експлуатації актуальна проблема маневрування потужністю енергоблоку. При зміні потужності реактора необхідно одночасно контролювати швидку зміну багатьох нейтронно-фізичних і технологічних параметрів, що призводить до необхідності модернізації діючих енергоблоків АЕС шляхом створення системи автоматичного управління потужністю енергоблоку у маневрених режимах за допомогою побудованих нелінійних моделей процесів керування елементами енергоблоку.

Мета доповіді полягає в представленні нелінійних моделей парової турбіни К-1000-60/1500-2 енергоблоку ВВЕР-1000 як об'єкта автоматичного управління для маневрених режимів експлуатації.

Проаналізована робота парової турбіни К-1000-60/1500-2 енергоблоку ВВЕР-1000, а також різноманітні проблеми які впливають на працездатність реактора – потужнісний ефект реактивності, температурний ефект реактивності, ефект реактивності від отруєння йодом і ксеноном. Для ефективного та безпечного керування потужністю енергоблоку в маневрених режимах необхідно створити систему автоматичного управління, яка буде враховувати властивості парової турбіни К-1000-60/1500-2, дозволить забезпечити працездатність енергоблоку. Розглянуті рівняння перехідних режимів парової турбіни як об'єкту керування в абсолютних змінних стану. Для цього визначено різні парові об'єми, які відповідають різним частинам парової турбіни К-1000-60/1500-2. Побудована нелінійна модель парової турбіни К-1000-60/1500-2 у відносних змінних, котра враховує експериментальні данні органів регулювання. На вхід цієї моделі задаються координати сервомоторів, а також потужність електричного генератора. Ця модель дозволяє дослідити процеси у маневрених режимах роботи парової турбіни. Досліджено режим скидання навантаження. Для цього задані: початкова умова, потужність електричного генератора при скиданні навантаження, функції переміщення сервомоторів. Приведені графіки режиму скидання навантаження.

Побудована нелінійна модель парової турбіни К-1000-60/1500-2 як об'єкта автоматичного керування в відносних змінних стану, що враховує експериментальні дані регулюючих органів і використовує мінімальну кількість обчислень. На основі цієї моделі для дослідження режиму скидання навантаження побудовані графіки зміни змінних тиску та частоти.

РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМНО-АРХІТЕКТУРНОГО ПІДХОДУ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Слепченко О.П.

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

Актуальними питаннями проектування складних інформаційних та інформаційно-управляючих систем (Internet of Things, Internet of Everything, Smart Manufacturing, Smart Grid) є реалізація системно-архітектурного підходу при вирішенні взаємопов'язаних задач комп'ютерних та системних наук, бізнес-інженерії, системної інженерії, програмної інженерії, розробка та використання сучасних технологій системного аналізу, технологій моделювання орієнтованої системної інженерії (Model-based systems engineering).

В роботі розглянуті загальні проблеми системного аналізу, моделювання та проектування складних систем класу System of Systems, особливістю яких є синергетичний характер взаємодії, відносна незалежність при вирішенні питань проектування та управління окремими системами. В роботі проведено порівняльний аналіз наступних базових стандартів, моделей та методик застосування системно-архітектурного підходу: проект стандарту IoT RA - ISO/IEC CD 30141. Internet of Things. Reference Architecture, RAMI 4.0-Reference Architectural Model Industrie 4.0, IIRA-Industrial Internet Architecture Framework [1].

Проведен аналіз моделей забезпечення електронної взаємодії (інтероперабельності) загальноєвропейської програми ISA2 (European Interoperability Reference Architecture) та моделей систем військового призначення класу C4ISR (NATO Architecture Framework, DoDAF, MoDAF). Розглянуті пропозиції щодо впровадження в практику розробки складних систем універсальної моделі UAF (Unified Architecture Framework) [2].

В роботі запропонована реалізація системно-архітектурного та моделювання орієнтованого підходів в якості основи для досягнення цілі 1.4. Стратегічного оборонного бюлетеня України (створення ефективної системи класу C4ISR), який був затверджен Указом Президента України від 20 травня 2016 року. Також запропоновано надати рекомендації щодо доцільності використання системно-архітектурного та моделювання орієнтованого підходів в якості основи формування єдиного інформаційного простору до проекту Закону України "Про цифровий порядок денний України", концепція якого була розглянута Комітетом з питань інформатизації та зв'язку Верховної Ради України 16 лютого 2017 року.

Література:

1. The Industrial Internet of Things. Volume G1. Reference Architecture. v. 1.8. Industrial Internet Consortium. https://www.iiconsortium.org/IIIC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf
2. G. Bleakley, M. Hause. The Unified Architecture Framework. The Internet of Things and Power Systems. <http://www.omg.org/news/meetings/tc/ca-16/special-events/iot-presentations/Hause-Bleakley.pdf>

СТРУКТУРА ОСВІТНЬОГО ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛУ З ПРИКЛАДНОЇ ЛІНГВІСТИКИ

Тимошенко А.О., Борисова Н.В.

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

Сучасний період розвитку суспільства характеризує процес всебічної інформатизації. При цьому одним із пріоритетних напрямків є інформатизація освіти, тобто впровадження засобів нових інформаційних технологій у систему освіти. У даній роботі розглянуто одну зі сторін цього процесу – створення одного з засобів навчання з використанням нових інформаційних технологій – освітнього інтернет-порталу з прикладної лінгвістики. Актуальність розробки такого порталу пов'язана з тим, що прикладна лінгвістика – це комплексна наука, що зараз ввібрала в себе крім загальної лінгвістики ще й інформатику, крім того напрямки прикладної лінгвістики постійно розвиваються, з'являються нові завдання, розширюється сфера її впливу. Робота носить прикладний характер та її завдання полягають у розробці структури освітнього інтернет-порталу з прикладної лінгвістики та подальшій його реалізації. Структура розроблювального порталу включатиме:

1. Презентаційну частину (меню порталу, блок новин, вітання).

2. Інформаційну частину (первинна інформація (теоретична – текстові документи, аудіо- та відеоролики, презентації; практична – завдання, тестування, словник) та інформація, яку публікують зареєстровані користувачі (на форумах, у блогах, коли проводять опитування, поповнюють словник)).

3. Адміністративну частину (реєстрація та аутентифікація, обмеження доступу, пошук інформації на порталі, засоби експорту / імпорту інформації, тестування).

На порталі буде розміщуватися наступна інформація:

- документи (текстові ресурси);
- медіа-ресурси (зображення, аудіо-, відеоролики, flash-анімація);
- посилання на інші веб-ресурси, веб-сторінки;
- таблиці, презентації;
- структуровані дані (бази даних, RSS-розсилки).

Адміністративні сервіси будуть включати реєстрацію, введення описів інформаційних ресурсів, обмеження доступу, збір статистики відвідувань порталу. Інформаційні сервіси будуть включати роботу з єдиним словником параметрів, пошук.

Для створення інтернет-порталу, крім платних порталних рішень, таких як IBM WebSphere Portal, Liferay Portal, Microsoft Office SharePoint Server Oracle Portal, можна використовувати і безкоштовні CMS-платформи або платформи з відкритим кодом, оптимізовані для великих обсягів інформації. Серед них, можна виділити: WordPress, Joomla, PrestaShop, Opencart. У даній роботі у якості засобу комп'ютерної реалізації освітнього інтернет-порталу з прикладної лінгвістики обрано CMS-платформу WordPress.

ПІДХОДИ ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФАКТОРІВ В СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Ткаченко В.В.

НДЦ ЗС України «Державний океанаріум», м. Одеса

Підготовка комплексних рішень для узгодження суперечливих умов економічного розвитку і безпечного функціонування промислових об'єктів являє собою необхідну передумову національної безпеки кожної країни. Значне місце в проблемі забезпечення промислової та екологічної безпеки займає оцінка останньої. Необхідність обробки великих обсягів інформації може привести до втрати частини інформації, і, як наслідок, втрати керуваності через несвоєчасно прийняті або нераціональні рішення. Це вказує на необхідність модернізації на новому рівні інформаційних моделей систем управління в галузі забезпечення екологічної безпеки.

Ідентифікація небезпеки – перший етап оцінювання екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації. На цьому етапі проводиться виявлення небезпеки, встановлення джерел і чинників ризику, а також зон поширення ризику. Другий етап оцінювання екологічного ризику полягає в оцінюванні реального впливу факторів екологічного ризику. Третій етап оцінювання пов'язаний з аналізом впливу небезпечних факторів екологічного ризику.

В даний час не існує методу оцінювання впливу шкідливих факторів навколишнього середовища для здоров'я людини, оскільки всі відомі оцінки за своїм змістом є апроксимаційними, однак ступінь апроксимації різна. Цей факт у вирішальній мірі визначає основні властивості оптимальної кількісної оцінки взаємодії організму людини з забруднюючими речовинами. Тому особливого значення набувають методи управління ризиками, які ґрунтуються на ідентифікації факторів виникнення ризиків.

Застосування алгебри скінченних предикатів дозволяє розробляти нові методи рішення нових класів задач, які не містять необґрунтованих перетворень вихідної інформації і не призводять до втрати або перекручування даних. Таким чином, використання алгебри скінченних предикатів дасть можливість розробки системи прийняття управлінських рішень з врахуванням факторів екологічної безпеки.

Література:

1. Yu Q., Jiang J., Yu H. Research on the Emergency Response System of Major Dangerous Chemical Accident on Highway based on the GIS // *Procedia Engineering*. – Vol. 45. – 2012. – P. 716-721.
2. Guo W., Liu X., Liu Z., Li G. Pollution and Potential Ecological Risk Evaluation of Heavy Metals in the Sediments around Dongjiang Harbor, Tianjin // *Procedia Environmental Sciences*. Vol. 2. – 2010. – P. 729-736
3. Enescu M., Enescu M., Tudorescu N. Points of View Regarding the Evaluation of Decisional Factors in Risk Management Associated to Large Combustion Plants // *Procedia Economics and Finance*. – Vol. 16. – 2014. – P. 110-114

КОМБИНИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ С ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛЬЮ

Товажнянский В.И.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический университет», г. Харьков

Технология теплоснабжения зданий является одной из сложнейших и малоисследованных. Основной причиной этому является отсутствие простых математических моделей тепловых процессов зданий, ориентированных на синтез систем автоматического управления. Рассматриваемые в литературе математические модели тепловых процессов [1] основаны на представлении ограждений системами дифференциальных уравнений в частных производных, что затрудняет их использование в задачах синтеза управления теплоснабжением.

Предлагается упрощенная математическая модель теплового процесса здания, отражающая его основные динамические компоненты. Модель представляет собой линейную систему дифференциальных уравнений 2-го порядка, содержащую управляющее воздействие в виде мощности отопительного прибора и возмущающее воздействие – температуру окружающей среды. Выход системы – температура внутреннего воздуха представляет собой линейную комбинацию переменных состояния (средней температуры внешнего ограждения и перегородок) и температуры окружающей среды.

На основе предложенной математической модели и прогноза погоды с помощью принципа максимума найден закон управления, реализующий требуемую программу изменения температуры помещения здания. Этот закон управления используется в канале управления по возмущению системы комбинированного управления. Несоответствие математической модели реальному объекту компенсируется в канале управления по отклонению комбинированной системы управления теплоснабжением.

Литература:

1. Табунщиков А.Ю. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табунщиков, М.М. Бродач. – Москва : АВОК – ПРЕСС, 2002. – 194 с.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВИМОГ ДО ІТ-МЕНЕДЖЕРІВ

Третяк О.О., Гринченко М.А., Василенко А.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Серед усіх видів ресурсів підприємств найчастіше виділяють трудові ресурси як найцінніші та найвагоміші. Конкуренція на ринку праці змушує роботодавців гнучко ставитися до процесу підбору персоналу, в тому числі не висувати завищених вимог до досвіду претендентів.

Згідно з дослідженням, протягом останніх років спостерігається позитивна динаміка на ІТ-ринку праці. Попит на ІТ-фахівців постійно зростає із року в рік. В умовах швидкого зросту галузі професія проектного менеджера стає невід'ємною частиною успішної команди розробників програмного забезпечення, але вимоги, які висувуються до претендентів на посади ІТ-менеджерів змінюються [1]. У зв'язку з цим слідкування за динамікою змін вимог до проектних менеджерів є актуальним завданням у теперішній час.

Задачею даної роботи є розробка інформаційної системи для формування актуальних вимог до кандидатів на посаду проектного менеджера.

Аналіз літературних джерел показав, що всі існуючі зараз автоматизовані рішення, які пов'язані з пошуком вакансій, не вирішують дану проблему. Тому первинна задача роботи – це розробка програмного забезпечення, яке дозволяє виконувати функції не тільки пошуку вакансій, а також аналізу обраних вакансій, та надає можливість створення аналітичних даних. Дане програмне забезпечення буде корисним для рекрутингових агентств, молодих підприємців, власників курсів з навчання програмних менеджерів та користувачів, які шукають роботу.

На етапі проектування програмного забезпечення розроблений структурований XML-словник ключових слів [2] на трьох мовах, який включає в себе слова-індикатори необхідних вакансій. Подібне рішення дозволяє ідентифікувати серед усіх вакансій на сайті лише необхідні. Словник є базовим для певного напрямку. Нові слова, які найбільш часто зустрічаються та мають відношення до вибраної галузі, будуть марковані як можливі індикатори та запропоновані користувачеві для додавання в словник. Це дозволяє підтримувати словник ключових слів в актуальному стані.

Запропонована інформаційна система може бути використана організаціями для формування актуальних вимог до кандидатів на посаду проектного менеджера в ІТ-фірмі на основі оцінки вакансій ІТ-ринку при підборі персоналу. Впровадження інформаційної системи дасть змогу автоматизувати аналіз трендів вимог у ІТ галузі, зокрема вимог до проектних менеджерів. Отримані результати можуть бути поширені на інші вакансії.

Література:

1. Аналитический обзор IT-рынка труда в Украине за 2015 год [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.globalcareer.eu/itanalytics_ukraine.
2. Вугт В. «Open XML», — Microsoft Press, 2007. — 109 с.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И VI-ТЕХНОЛОГИЙ

Хорунжий С.И., Орловский Д.Л.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

При проведении ситуационного анализа деятельности предприятия в качестве данных используются показатели, которые фигурируют на данном предприятии. Все эти показатели формируют комплексную систему показателей. Примером такой комплексной системы показателей может быть сбалансированная система показателей (ССП). Идея сбалансированной системы показателей (BSC – Balanced Scorecard) отвечала желаниям менеджмента найти взвешенный набор монетарных и немонетарных показателей для управленческих целей, которые находятся в середине фирмы (рис.1).

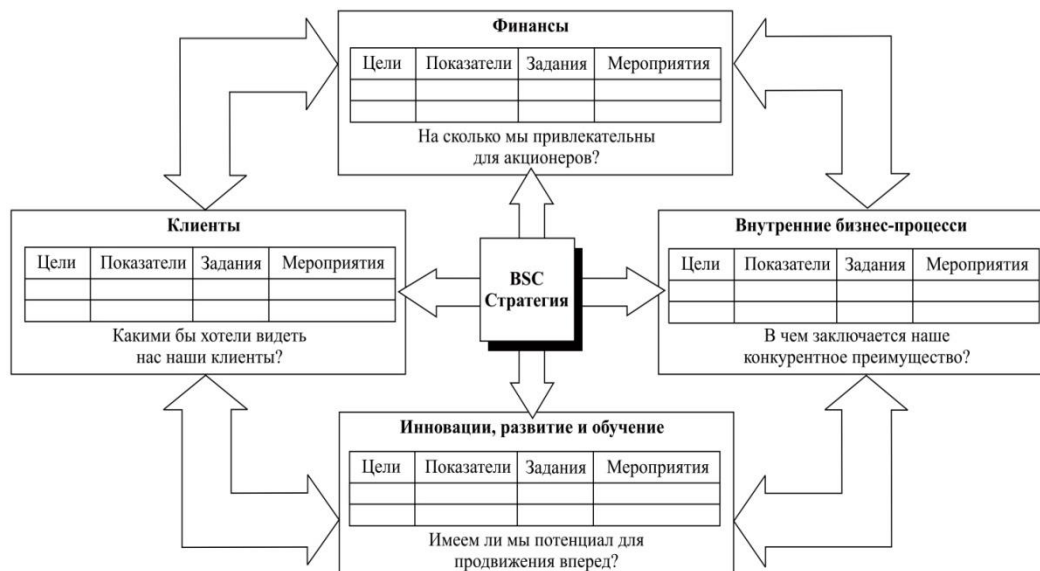


Рис. 1. Направления оценки по концепции ССП

Для показателей, формируемых в рамках ССП, должен постоянно проводиться мониторинг их состояния, оцениваться перспективы их развития. Традиционно использовавшиеся для поддержки решения таких задач информационные системы класса OLTP (On-Line Transactions Processing) не всегда в полной мере соответствовали требованиям поддержки задач мониторинга и анализа.

Как следствие, в современных условиях все чаще для решения таких задач используются системы класса BI (Business Intelligence). Это позволяет представить ССП в виде системы KPI (Key Performance Indicators), для анализа которых можно использовать различные аналитические средства: хранилища данных, многомерный анализ данных и т.д.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО НАВЧАННЯ «INFORMATICS»

Черкаско Р.С., Яковлева О.В.

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків*

Сучасний розвиток суспільства визначається швидким старінням знань, а отже зростають потреби в їх оновленні. Досягнення інформаційних технологій дозволяють вирішити цю проблему шляхом застосування дистанційного навчання (ДН). Проте, для забезпечення навчального процесу необхідне масштабне застосування потужних систем, які будуть у змозі забезпечити дистанційний доступ до ресурсів навчального призначення, таких як віртуальні центри знань, курси дистанційного навчання, електронні підручники, тощо.

Ознайомившись з існуючими системами керування навчанням (Learning Management System (LMS)), можна виділити наступні: Moodle, Прометей, Віртуальний Університет, та всі вони мають вагомні недоліки, а саме потребують потужного серверу чи придбання ліцензії на використання.

Таким чином, розробка LMS має великі перспективи і надає потужну альтернативу традиційному процесу навчання, саме тому було прийнято рішення розробити власну безкоштовну та легку в застосуванні систему ДН, яка буде надавати всі необхідні функції для успішного процесу навчання.

Метою роботи є створення веб додатку "Informatics" для управління процесом ДН. Загальний опис розробленої системи: студент реєструється в системі та має можливість вивчати будь який доступний курс, переглянути інформацію про власні оцінки, надати інформацію про себе за бажанням. В свою чергу викладач повинен мати можливість організувати все необхідне для зручного вивчення курсу студентами (завантажити необхідну літературу, розробити найбільш зручну структуру курсу, що вивчається) та мати можливість оцінити рішення, які надає той чи інший студент. Адміністратор має виконувати організаційну роботу та управління системою.

Для наочності та зручності під час проектування використовувались UML діаграми (наприклад, рис.1).



Рис.1 – Діаграма варіантів використання з точки зору ролі «студент»

На стадії розробки було реалізовано функціонал за допомогою мови програмування JAVA. Розроблений веб-застосунок суттєво розширить можливості щодо отримання необхідних знань.

РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПРОВЕДЕННЯ МАРКЕТИНГОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВДЯКИ ВЕБ-СЕРВІСАМ КЛЮЧОВИХ СЛІВ

Шаповал С.Є., Орехов С.В.

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

Актуальність. При сучасних ринкових умовах інтернет-сайт став обов'язковим атрибутом для кожної компанії. На сьогоднішній день пошукова оптимізація сайту являє собою один з найефективніших інструментів, що дозволяє залучити потенційну аудиторію і збільшити обсяги зростання продажів. Таким чином, актуальним стає питання щодо отримання інформації про попит на продукт, аналіз ринку конкурентів за допомогою оптимізації сайту так як з ростом відвідування сайту буде збільшуватися зростання продажів.

Формулювання завдання. Так як одним з найважливіших етапів пошукової оптимізації сайту, є підбір ключових слів, які відповідають продукту або послугі розміщених на сайті, актуальним стає питання у правильному підборі цих ключових слів.

Вирішення. У даній роботі розглянуті основні принципи роботи пошукових систем Яндекс і Google, важливі поняття і алгоритми, а також відмінності просування сайту в цих пошукових системах. Розглянуто важливі алгоритми при зовнішній і внутрішній оптимізації сайту, в тому числі, правильна оптимізація сторінки і її текстової складової [1]. Розглянуто корисні інструменти і сервіси, які допоможуть заощадити час при заходах щодо просування, оскільки дозволяють вирішувати практично будь-які завдання, які можна автоматизувати.

Отримані результати. Установлено, що внутрішнє ранжирування посилань є важливим фактором при просуванні в силу того, що при грамотній перелінковці сторінок між собою можна домогтися рівномірного розподілу ваги кожної сторінки, що веде до збільшення довідкових показників без зовнішніх посилань і поліпшенню позицій в пошуковій видачі.

Встановлено, що грамотний облік веб-майстром внутрішніх чинників ранжирування в поєднанні з оптимізацією дозволяють вивести ресурс на перші позиції в результатах по певним ключовим запитам і є невід'ємною частиною процесу просування сайтів в пошукових системах.

Встановлено, що семантичне ядро як основа маркетингової комунікації створюється на базі існуючого попиту, оформленого у вигляді запитів користувачів.

Література:

1. В.С. Гусев "Аналитика веб-сайтов. Использование аналитических инструментов для продвижения в Интернет": Изд. центр Вильямс, 2008. 115 с.

ЭВРИСТИКИ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ФИЛЬТРАЦИИ ПАКЕТОВ

Шахновский Ю.С.

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

Для задачи оптимизации порядка правил в системах фильтрации пакетов описанной в [1], доказана NP полнота поиска оптимального решения [2]. Поэтому актуальна разработка эвристических алгоритмов, дающих решение близких к оптимальному. Для практического применения системы оптимизации, отказ от поиска оптимального решения дополнительно обусловлен отсутствием точных исходных данных. Исходные данные для задачи получаются из гипотезы, что распределение пакетов, следующих по разным маршрутам в планируемый период, будет близко с распределением в предыдущий период. Поскольку входные данные не точны, то бороться за абсолютный оптимум нет смысла. Задачу надо решать, используя полиномиальные эвристические алгоритмы. Для рассматриваемой задачи известен алгоритм поиска оптимума для случая, когда граф зависимостей, построенный на правилах фильтрации, имеет форму леса [1]. Предлагается сводить другие графы, к форме леса за счет упрощений графа.

Были разработаны два способа такого упрощения. В первом способе, для расчета приоритета вершины, игнорируется, что некоторые из ее потомков имеют других предков. Что сводит граф к виду леса. Прием дает приоритеты вершин, которые больше или равны истинному приоритету. Во втором способе, для каждой вершины не учитываются ее потомки, которые имеют предков отличных от данной вершины. Этот способ занижает приоритет вершины. Эти оценки приоритетов можно использовать для метода ветвей и границ. Описанные два приоритета статические потому, что приоритеты вершин можно рассчитать до начала включения вершин в решение, и они не меняются в процессе включения вершин. Кроме этих двух способов расчета приоритета вершин предлагается третий, названный динамическим. Он основан на пересчете приоритетов на каждом шаге. Приоритет меняется за счет того, что часть предков потомков вершины уже включены в решение, и поэтому граф ближе к лесу без допущений статических приоритетов.

Для сравнения трех предложенных эвристических приемов был проведен численный эксперимент на 200 сгенерированных системах фильтрации. Было установлено, что лучшие результаты дает использование статического правила, когда потомки вершины, имеющие других предков чем данная, используются для расчета приоритетов, как если бы других предков не было.

Литература:

1. Шахновский Ю.С., Гончаров А.В. «Оптимизация системы фильтрации пакетов», Вестник НТУ ХПИ. Харьков:НТУ «ХПИ» - 2003. №6 – Т1 с53-56.
2. Hazem Named and Ehab Al-Shaer «Dynamic Rule-ordering Optimization for High-speed Firewall Filtering». Электронный ресурс [http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.94.5841&rep=rep1&type=pdf]

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ТРЕНДІВ ІТ-РИНКУ ПРИ ПІДБОРІ ПЕРСОНАЛУ

Шведова А.Ю., Гринченко М.А.

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

Сучасні умови діяльності ІТ-ринку встановлюють нові вимоги щодо підбору персоналу. Крім професійних компетенцій та навичок треба враховувати тактичні та стратегічні цілі організації, можливості професійного розвитку співробітника, комунікативні та інші якості, значущі для професійної діяльності та успішної адаптації в умовах конкретної організації. Проведений аналіз актуальності послуг з підбору персоналу в Україні дозволяє стверджувати про позитивну динаміку зростання інтересу до послуг аутстафінгу персоналу. Таким чином, підвищення ефективності процесу підбору персоналу є актуальною задачею як для компаній, так і для рекрутингових агентств.

Основною проблемою при підборі персоналу є формування чітких вимог до кандидата та аналіз компетенцій для кандидатів на вакансію. Для того, щоб рекрутингова компанія могла знайти потрібного фахівця для ІТ-компанії їй потрібно мати дані про структуру трендів на ІТ-ринку. Проводити якісну аналітику без відповідного програмного забезпечення складно, адже це потребує великих затрат часу та високої кваліфікації персоналу, а відповідно і грошових ресурсів компанії. Задачею даної роботи є розробка та впровадження програмного забезпечення для оцінки трендів ІТ-ринку при підборі персоналу.

Для вирішення задачі проектується програмне забезпечення з функціями пошуку та обробки даних для визначення перспективних трендів, на основі яких будуть сформовані вимоги до кандидатів. Пошук вимог та аналіз даних пропонується виконувати на сайтах, обраних користувачем, із використанням заданого початкового словника. На першому етапі обробка даних виконується за допомогою перевірки релевантності ключових слів методом TF IDF [1] і визначаються тексти для подальшого аналізу. На другому етапі застосовуються методи N-грами [1] та колокації [2] для обробки обраних текстів та вибору даних про перспективні тренди і вимоги для заданої вакансії. Надалі планується впровадження програмного забезпечення в рекрутингову компанію з пошуку ІТ-фахівців для надання унікальних послуг з оцінки та аналізу трендів підбору персоналу ІТ-ринку, а також для формування вимог до фахівців, які будуть працювати при наданні послуг аутстафінгу.

Література:

1. Боярский К. К. «Введение в компьютерную лингвистику. Учебное пособие», – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 72 с.
2. Большакова Е.И., Клышинский Э.С., Ландэ Д.В., Носков А.А., Пескова О.В., Ягунова Е.В. «Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика», – М.: МИЭМ, 2011. – 272 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Шевченко Ю.С., Сидоренко А.Ю.

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

Управление проектами (УП) – многоаспектная творческая деятельность по управлению целями, временем, стоимостью, ресурсами, командой, рисками, интеграцией проекта, качественно осуществлять которую без применения компьютерных средств невозможно. В настоящее время разработано разнообразное специализированное программное обеспечение по управлению проектами, которое автоматизирует основные процессы календарно – ресурсного планирования и управления проектами: линейное и сетевое моделирование и планирование проекта, отслеживание состояния работ проекта, построение графиков требуемых ресурсов, другие функции управления проектами.

Современные проекты и условия их реализации все более усложняются, расширяется круг решаемых в них задач, а существующие программные средства по управлению проектами не охватывают всего круга вопросов, возникающих при управлении проектами. Особенно это ощущается при управлении проектами, не имеющими в прошлом аналогов, планирование и выполнение которых осуществляется в условиях неполной или неточной информации, что характерно для инновационных проектов, проектов разработки новых технологий и продуктов, проектов в области информационных технологий.

Целью научно – исследовательской работы является создание такого программного продукта по управлению проектами в условиях неопределенности, позволяющий решать многие формализованные, слабо формализованные и не формализованные задачи управления проектами в условия разных видов неопределенности и многих критериев, осуществлять компьютерную поддержку широкого круга задач, возникающих на протяжении всего жизненного цикла проекта. Концепция системы основывается на синтезе методов и технологий проектного управления, теории принятия решений и технологий интеллектуальной обработки информации.

Литература:

1. Математические основы управления проектами / С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова и др. Под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высш. шк., 2005. – 423 с.
2. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

СЕКЦІЯ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕХАНІЦІ І СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

ІНВАРІАНТНІСТЬ КІЛЬКІСНИХ МІР СТАТИЧНОГО ТА КІНЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ СИСТЕМ ТІЛ

Абросимов А.С., Антипов Я.М., Кучма М.В., Лавінський Д.В.,
Морачковський О.К.

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

У курсовій роботі з теоретичної механіки для спеціалізації комп'ютерна механіка передбачено комп'ютерні розрахунки на базі програмного комплексу «КІДІМ», у яких для заданих варіантів розрахункових схем щодо аналізу статички необхідно визначити реакції в'язей плоских, складених та просторових систем тіл, а з кінематики - кінематичні характеристики тіл та окремих їхніх точок, абсолютні швидкості й пришвидшення точки у складному русі разом з тілом D , що обертається навколо нормальній до площині осі, яка проходить через точку O_1 . Закони руху задані незалежними від часу кутом обертання Φ_e , та відносного руху – $OM(t)$. Дослідження зі статички виконуються при варіюванні α - кута нахилу однієї з зовнішніх сил $0 \leq \alpha \leq 360^\circ$. Дослідження з кінематики виконуються при варіюванні t [$0 \leq t \leq t_*$] - часу.

Головний вектор довільної системи сил є інваріантним (незмінним) стосовно вибору центра зведення. Тому головний вектор називають *першим статичним інваріантом*. Скалярний добуток головного вектора і головного моменту даної системи сил не залежить від вибору центра зведення і називається *другим статичним інваріантом*. Таким чином, $I_1 = \vec{F}_0$; $I_2 = \vec{F}_0 \cdot \vec{M}_0$ є інваріантами. Тут мова йде ще й про те, що для будь-якої просторової системи сил величини \vec{F}_0 , \vec{M}_0 є сталими і не залежними від вибору центра зведення. Щодо інваріантності кінематичних характеристик, то як відомо, вектор $\vec{\omega}$ є ковзний вектор та є першим кінематичним інваріантом, оскільки він не змінюється при переміщенні. В більш вузькому сенсі першим інваріантом є квадрат вектора ω , тобто $I_1 = \vec{\omega}^2$. Другим кінематичним інваріантом є скалярний добуток вектора швидкості довільної точки тіла та вектора $\vec{\omega}$: $I_2 = \vec{v} \cdot \vec{\omega}$. Доведення інваріантності кількісних мір статичного та кінематичного аналізу систем тіл відомо з курсу теоретичної механіки і застосовується у курсовій роботі при перевірці обчислювальних розрахунків на базі програмного комплексу «КІДІМ». У статичному аналізі перевірку значення реакцій в'язей плоских, складених та просторових систем тіл надає слідство незалежності головних векторів сил та моменту сил від вибору центра зведення. При кінематичному аналізі незалежно від вибору координатного або векторного методу перевірку значення надає рівність між відповідними проекціями та модулями векторних кінематичних характеристик, як тіл, так й окремих їхніх точок. При координатному методі маємо перевагу бо окремо не треба визначати пришвидшення Кориоліса.

Висновки. Отримані залежності для інваріантів мають самостійне значення і їх можна використовувати для встановлення дійсних значень статичних та кінематичних величин за результатами комп'ютерних розрахунків.

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДИСКОВОЇ БОРОНИ ПРИ НАЇЗДІ НА ПЕРЕШКОДУ

Автономова Л.В., Бондарь С.В., Ягудін Д.С.

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

У сучасному сільському господарстві серед машин, що обробляють ґрунт, широко застосовуються дискові борони. В зв'язку з динамічним навантаженням робочих органів при експлуатації борони можуть відбуватися їх відмови, пов'язані з руйнуванням за рахунок втомленості або руйнуванням від ударного навантаження при наїзді на перешкоду. Тому створення більш міцних нових конструкцій робочих органів з урахуванням різних видів силового навантаження дозволять підвищити довговічність дискової борони. Робочі органи дискової борони можна розглядати як систему пружинних стійок з прикріпленими до них за допомогою підшипникового вузла робочими дисками. Для аналізу динамічного процесу навантаження і розрахунку на міцність стійки вирішувалася крайова динамічна контактна задача. Математична модель включає в себе рівняння закону збереження енергії і збереження імпульсу, лінійні фізичні співвідношення, в зоні контакту при взаємодії диска з масивним тілом враховується тертя. Оскільки стійка з диском являє собою тривимірну складну конструкцію, то достовірний розрахунок напружено-деформованого стану при наїзді її на перешкоду можливий тільки за допомогою чисельних методів. Раніше в роботі [1] були отримані розподіли полів переміщень і еквівалентних напружень в стійці вихідної геометрії при наїзді на перешкоду, які дозволили судити про її міцності. Рішення задачі оптимізації геометрії стійки дозволило за рахунок вибору її оптимальних геометричних характеристик домогтися зниження максимальних еквівалентних напружень без внесення в конструкцію додаткових елементів [2]. У даній роботі проводиться порівняльний аналіз напружено-деформованого стану для двох видів конструкції робочого органу борони (вихідної і оптимальної) при наїзді на перешкоду.

Література:

1. Автономова Л.В. Оценка прочности рабочего органа дисковой бороны при взаимодействии с преградой / Л.В. Автономова, С.В. Бондарь, А.В. Степук, Д.С. Ягудин // Инженерия природокористування = Engineering of nature management : наук. журн. / Харк. нац. техн. ун-т сільс. госп-ва ім. Петра Василенка. – Харків.- 2016.- № 1(5).- 5 с.
2. Симсон Э.А. Оптимизация образующей индивидуальной пружинной стойки дисковой бороны / Э.А. Симсон, В.Л. Хавин, Д.С. Ягудин // Инженерия природокористування = Engineering of nature management : наук. журн. / Харк. нац. техн. ун-т сільс. госп-ва ім. Петра Василенка. – Харків.- 2016.- № 1(5).- 5 с.

РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БІОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «СПОРТСМЕН – ЖЕРДИНА»

Адашевський В.М., Бубнов В.О., Степаненко А.С.

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

У розрахунковій схемі фази відштовхування розглядаються біомеханічні характеристики, які здатен реалізувати спортсмен, а саме: швидкість останніх кроків у розбігу, кут відштовхування і постановки жердини, висота положення центру маси спортсмена з використанням пружної жердини, яка представлена як вагомий пружній, стрижень. спортсмен як тіло розміщено посередині між місцем відштовхування і верхньою точкою хвату.

Механічною основою техніки опорної частини стрибка з жердиною є система двох маятників. Ці маятники змінюються по довжині і взаємно впливають один на одного. Перший маятник утворюють жердина і стрибун. Інший маятник утворюється при обертанні тіла стрибуна навколо місць захоплення за жердину, плечового поясу.

Кутова швидкість руху жердини в певній мірі залежить від довжини, як першого, так і другого маятників та змінного осьового моменту інерції «спортсмен – жердина».

Розрахункова схема та математична модель для визначення раціональних біомеханічних характеристик у фазі відштовхування та вису включала: сили тяжіння системи «спортсмен - жердина», змінну за величиною силу аеродинамічного опору залежно від міделя, силу пружності жердини, початкову швидкість відштовхування, висоту центру мас тіла при відштовхуванні, з урахуванням кутів вильоту центру мас спортсмена під час відштовхування, для конкретних фізичних параметрів спортсменів.

Вважатимемо, що тіло спортсмена у фазі польоту рухається в сагітальній анатомічній площині.

Складені рівняння динаміки плоскопаралельного руху в проекціях на осі координат.

Для визначення основних біомеханічних характеристик були складені фізико - математичні моделі динамічної системи «спортсмен - жердина».

Вирішення цього завдання вимагає інтегрування диференціальних рівнянь руху.

Така операція легко виконується за допомогою спеціального програмного комплексу «КІДІМ», розробленого на кафедрі теоретичної механіки НТУ «ХПІ».

Результати розрахунків, які можуть бути отримані при реалізації фізико-математичні моделі динамічної системи «спортсмен – жердина», визначають раціональні біомеханічні характеристики необхідних дій спортсмена.

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «СПОРТСМЕН – ЖЕРДИНА»

Адашевський В.М., Бєломитцев А.С., Степаненко А.С.

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

Результат стрибка з жердиною залежить від різних факторів, наприклад, від висоти хвату та виконання певних вправ за годину розбігу і вису на жердині за обмежений годину стрибка. Висота хвату залежить від швидкості розбігу, виносу і способу постановки жердини в ящик для упору та переходу від відштовхування у вис, а також від здатності координувати свої рухи у розбігу, тобто в якій степені стрибун володіє технікою стрибка.

Максимальне згинання жердини настає в тій момент, коли тулуб стрибуну займає горизонтальне положення до землі,

Характеристики фази відштовхування визначаються в основному біомеханічними характеристиками, які здатен реалізувати спортсмен, а саме: швидкістю останніх кроків у розбігу, кутом відштовхування і постановки жердини, висотою положення центру маси спортсмена.

Для складання фізико - математичної моделі динамічної системи «спортсмен - жердина» необхідно провести дослідження також механічних характеристик системи «спортсмен - жердина».

Механічні характеристики включають : жорсткість та деформацію жердини, момент інерції системи «спортсмен - жердина» відносно осі обертання жердини, з обліком форми жердини при переході від відштовхування у вис.

У розрахунковій схемі фази відштовхування з використанням пружної жердини, яка представлена як вагомий пружній, стрижень, спортсмен як тіло розміщено між місцем відштовхування і точкою хватові. Кінцівки стрибуну - набір вагомих, нерозтяжних, жорстко зафіксованих олениць.

Жорсткість жердини вибирається залежно від висоти хватові, довжини і маси тіла спортсмена, швидкості розгону, висоти установки планки і ряду інших чинників. Сила пружності прийнята спрямованої по хорді, що сполучає верхній і нижній кінці зогнутого жердини.

Деформація жердини при висі спортсмена повинна мати, як найбільш раціональну, форму дуги частини загального кола зігнутої жердини.

Осьовий момент інерції визначається як сумарний відносно осі що проходить через центр мас спортсмена і жердини паралельної осі обертання жердини помноженій на квадрат відстані між цими осями. При цьому відстань між осями змінно залежно від кута повороту жердини і спортсмена, Все вищевикладені механічні характеристик враховуються у фізико - математичної моделі динамічної системи «спортсмен - жердина».

**РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ
ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «СПОРТСМЕН – ЖЕРДИНА»
Адашевський В.М., Бубнов В.О., Степаненко А.С.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків**

Розрахунки за допомогою фізико-математичні моделі отримані графічні характеристики рівнянь руху, траєкторії польоту центру мас тіла спортсмена залежно від початкової швидкості вильоту, висоти хвату, кута вильоту, способу постановки жердини, висоти відштовхування центру мас спортсмена, сил опору середовища, сил реакцій опори, сил пружності жердини та інше.

Аналіз графічних характеристик виявив, що високий результат у стрибках с жердиною можливо реалізувати для жінок, наприклад, при раціональних початкових параметрах коли :

- початкова швидкість вильоту центру мас тіла - (8 - 8,5 м / с),
- кут вильоту центру мас тіла по відношенню до горизонталі – (40⁰ – 50⁰),
- висота відштовхування центру мас спортсмена залежить від конкретних фізичних параметрів спортсменів і досягає над поверхнею =(1-1.5м),
- висота хвату над поверхне – (1.5 – 1.7м),
- сили опору середовища на 0.3 -0.5 % зменшують результат стрибка,
- загальні сили реакцій опори жердини складають – (2 – 3 кН),
- жорсткість та деформація жердини різні залежно від фізичних можливостей спортсмена та умов змагань,
- тривалість фази польотної частини стрибка з жердиною – (1- 1.5с.).

Фізико-математична модель для визначення основних біомеханічних характеристик і результати, отримані при реалізації фізико-математичні моделі динамічної системи «спортсмен – жердина» , визначили раціональні біомеханічні характеристики необхідних дій спортсмена.

Аналіз цих графічних біомеханічних характеристик дозволить в комплексі вибрати найбільш ефективні з них для поліпшення загального результату.

Використання на практиці вище перелічених досліджень для визначення раціональних біомеханічних характеристик, дозволять поліпшити техніку стрибків з урахуванням конкретних фізичних параметрів спортсменів.

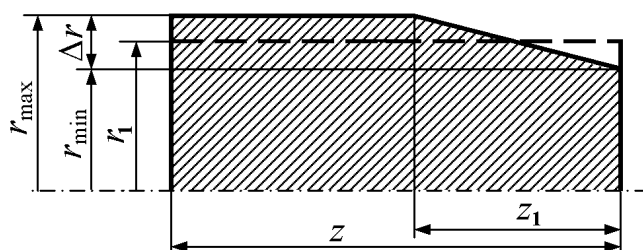
Результати теоретичних і практичних досліджень, можуть бути використані як для спортсменів високого рівня, так і при підготовці спортсменів- новачків.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ АНОМАЛІЙ З'ЄДНАНЬ З НАТЯГОМ

Андрєєв А.Г., Щепкін О.В.

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

У машинах і технологічному устаткуванні знаходять широке застосування з'єднання з деталей посадкою з натягом. Вони дозволяють передавати значні осьові зусилля та крутячі моменти. При дослідженні міцності з'єднань з натягом в більшості випадків не враховуються складні процеси взаємодії деталей у контактній зоні у процесі складання та при експлуатації з'єднань, а також вплив на міцність конструкції порушень технології складання та відхилень від правильної геометричної форми сполучних деталей. Тому актуальними є дослідження міцності та придатності для використання з'єднань з натягом, які мають відхилення від правильної геометричної форми.



Модель досліджуваного вала конусоподібної форми

Вал з конусоподібним дефектом (див. рисунок) характеризується величиною дефекту Δr та його конусністю: $k = 2(r_{\max} - r_{\min})/z_1$. Середній радіус вала $r_1 = 0,03$ м, зовнішній радіус втулки $0,05$ м, натяг у з'єднанні $\delta_r = 0,04 \cdot 10^{-3}$ м, розмір дефекту $\Delta r = 0,02 \cdot 10^{-3}$ м. Дані про з'єднання втулки вала з дефектом наведені в таблиці.

Довжина дефекту, z_1 , м	Максимальний тиск у з'єднанні, МПа	Максимальне еквівалентне напруження σ_e , МПа	Зсувне зусилля F , МН	Конусність дефекту у з'єднанні	Примітки
0	85	234	0,242	–	Без дефекту
0,1	111	290	0,241	$0,4 \cdot 10^{-3}$	
0,05	116	266	0,242	$0,8 \cdot 10^{-3}$	
0,025	131	256	0,242	$1,6 \cdot 10^{-3}$	
0,0125	166	259	0,243	$3,2 \cdot 10^{-3}$	Брак

Для з'єднання втулки з конусоподібним валом зсувне зусилля практично не залежить від довжини дефекту, максимальні напруження суттєво підвищені у зоні переходу поверхні від циліндричної частини до дефекту. При значній конусності вала контакт у з'єднанні може бути частково відсутній, така конструкція є бракованою. Практичне значення отриманих результатів полягає в оцінці міцності з'єднань з натягом, які мають відхилення від правильної геометричної форми, та оцінці придатності їх для використання.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАОТИЧНИХ КОЛИВАНЬ НЕЛІНІЙНОЇ СИСТЕМИ**Бєломитцев А.С., Дружинін Є.І.*****Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Розглядаються хаотичні змушені коливання, що виникають у цілком детермінованій нелінійній системі, рух якої описує диференціальне рівняння

$$\dot{y} = \varphi(t, y), \quad (1)$$

де y - $2n$ -мірний вектор стану, φ - $2n$ -мірна вектор-функція,

T_1 -періодична по явно вхідному часу t : $\varphi(t, y) = \varphi(t + T_1, y)$.

Найпростіші усталені рухи такої системи – це періодичні коливання, біфуркації яких призводять до появи більш складних сталих рухів.

Визначення періодичного розв'язку рівняння (1) може бути зведено до розв'язання неявно заданого рівняння:

$$y_T(y_0) - y_0 = 0, \quad (2)$$

де $y_0 = y(0)$, $y_T = y(T)$ - вектори стану системи в моменти часу $t = 0$ і $t = T$, $T = rT_1$.

Одним з найбільш ефективних методів розв'язання рівняння (2) є ітераційний процес методу Ньютона. Він дозволяє також обчислювати мультиплікатори λ_1 рівняння у варіаціях, які використовуються для оцінки стійкості і аналізу біфуркацій періодичних коливань. Втрата стійкості періодичного розв'язку рівняння (1) пов'язана з виходом одного або пари мультиплікаторів з круга одиничного радіусу. У випадку, коли з'являється дійсний мультиплікатор $\lambda_1 < -1$, відбувається біфуркація подвоєння періоду стійкого розв'язку. Послідовність таких біфуркацій, що супроводжується зменшенням у геометричній прогресії інтервалів існування стійких розв'язків подвоєного періоду, підкоряється універсальності Фейгенбаума – це один зі сценаріїв виникнення хаотичних коливань. Другий сценарій – це біфуркації майже періодичних коливань, що супроводжуються руйнуванням інваріантного тору, який у фазовому просторі відповідає майже періодичним коливанням.

Хаотичні коливання були виявлені при розрахунку змушених коливань в різних моделях силових передач машин, джерелом збудження яких є двигун внутрішнього згорання.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕРМОСИЛОВИХ ТА РАДІАЦІЙНИХ ПОЛІВ НА ДЕФОРМУВАННЯ ПРИЛАДІВ КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Бреславський Д.В., Козлюк А.В., Морачковський О.К.,

Пащенко С.О., Татарінова О.А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Космічні літальні апарати (КЛА), що рухаються за навколосемними орбітами, піддаються впливам теплових та радіаційних полів різної природи та інтенсивності. Такі впливи можуть призводити до суттєвих деформацій як конструктивних елементів КЛА, так й приладів систем орієнтації та стабілізації, що обмежує їхню працездатність.

Доповідь присвячено обговоренню методу розрахунку напружено-деформованого стану елементів приладів КЛА та устаткування, на якому вони розміщуються. Математичну постановку задачі виконано у загальній трьохвимірній постановці. Враховуються пружні, теплові деформації, деформації радіаційної та теплової повзучості.

Для визначення розподілів температури при обертанні апарату навколо Землі розв'язується трьохвимірною задачею нестационарної теплопровідності. Враховуються крайові умови другого та четвертого роду з метою врахування впливів теплових потоків та теплообміну випромінюванням. Отримані температурні поля застосовуються при розв'язанні механічних задач.

Як метод розв'язання крайових задач використовується метод скінченних елементів (МСЕ). Метод реалізовано у вигляді двох спеціалізованих програмних комплексів для розв'язання задач теплопровідності та механіки деформівного твердого тіла. Застосовано восьмивузловий скінченний елемент. Для моделювання початкових задач використовуються різницеві методи інтегрування за часом.

Зважаючи на те, що для задовільної апроксимації розв'язків задач, що розглядаються, необхідне застосування достатньо великої кількості скінченних елементів та кроків інтегрування за часом, до розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь застосовано метод сполучених градієнтів, який дозволяє реалізувати паралельні обчислення.

Розроблені програмні засоби залучено до визначення теплових полів у волоконно-оптичному гіроскопі (ВОГ). Чисельні дані порівняно з експериментальними, отриманий при цьому цілком задовільний ступінь їхньої відповідності дозволив зробити висновки щодо ефективного моделювання геометрії та теплофізичних властивостей приладу й можливості використання результатів для розв'язання задач термопружності та повзучості.

Обговорюються результати розрахунків деформованого стану в елементах ВОГ та вуглепластикових конструкціях, на яких розташовано прилади. Розглядаються підходи до врахування радіаційних ефектів від космічного опромінювання при деформуванні оптичного волокна котушки ВОГ.

ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА НАСОСОВ АЭС С УЧЕТОМ УТОНЕНИЯ СТЕНОК В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Водка А.А.¹, Келин А.А.², Ларин А.А.¹, Нарыжная Р.Н.², Трубаев А.И.¹

¹Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»,

² Инженерно-технический центр «КОРО», г. Харьков

Проблема продления ресурса оборудования АЭС актуальна для энергетики Украины и стран СНГ, т. к. большинство станций введены в эксплуатацию в 80-е годы прошлого столетия и имеет место исчерпание проектного ресурса, составляющего 30 лет. Это требует обоснования безопасной работы энергоблоков сверх проектного срока эксплуатации.

Отдельными этапами решения этой проблемы являются расчеты на статическую и циклическую прочность при двух вариантах нагружения, соответствующих нормальным условиям эксплуатации (НУЭ) и гидроиспытаниям (ГИ). Оценка напряженно-деформированного состояния должна проводиться с учетом возможного утонения стенок корпусных деталей насоса за отработанный срок эксплуатации и планируемый срок продления ресурса, а расчеты соответствовать нормативным документам [1,2].

Основные трудности при решении таких задач на основе метода конечных элементов связаны со сложной геометрией корпусных деталей насосов и наличием болтовых соединений, что приводит к необходимости решения нелинейной задачи контактного взаимодействия, которая не всегда имеет сходящееся решение. При моделировании необходим учет присоединенного оборудования, что оказывает существенное влияние на параметры напряженно-деформированного состояния корпусных деталей.

Выполненная работа позволила получить практический опыт по моделированию сложных объектов, оценить остаточный ресурс насосов, работающих на Запорожской АЭС, а также обосновать его продление на 15 лет. Также в результате исследования разработаны практические рекомендации по замене болтовых соединений для отдельных насосов.

Литература:

1. ПНАЭ Г 7-002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок / Госатомэнергонадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 525с.

2. МТ-Т.0.08.158-05 Методика оценки технического состояния по прочностным параметрам и расчетного обоснования переназначенного ресурса корпусов насосов АЭС Украины.

**ІНВАРІАНТНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МІР
ПРИ АНАЛІЗІ ДИНАМІКИ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ**

Гармаш А.Ю., Лавінський Д.В., Морачковський О.К.

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

Для спеціалізації комп'ютерна механіка у самостійних завданнях з теоретичної механіки передбачено комп'ютерні розрахунки на базі програмного комплексу «КІДІМ», у яких для заданих варіантів розрахункових схем щодо аналізу динаміки механічних систем необхідно визначити закони руху, кінематичні характеристики, абсолютні швидкості й пришвидшення тіл та окремих їхніх точок. Закони руху визначаються шляхом інтегрування диференціальних рівнянь за часом t [$0 \leq t \leq t_*$].

Розглядаються вільні та вимушені, як гармонійні так й затухаючі коливання матеріальної точки за умов дії пружних сил, внаслідок деформації складених пружин, в'язко-лінійних сил опору, вимушеного складного руху матеріальної точки у наслідок гармонійного руху опори.

Теоремами динаміки довільної системи тіл визначаються інваріантні (незмінні) стосовно виду руху енергетичні міри.

За теоремами про кінетичну енергію встановлюють, що зміна кінетичної енергії за одиницю часу дорівнює потужності сил, що приводять до руху механічну систему. Це має місце при абсолютному та відносному рухах. Інваріантність цих 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 зведена функція Релея дорівнює швидкості зменшення повної енергії, яка дорівнює додатку кінетичної та потенційної енергії, механічної системи.

Доведення інваріантності кількісних мір – кінетичної, повної енергій та їхні похідні за часом, потужності та функції Релея, які застосовуються при аналізі динаміки механічних систем відомо з курсу теоретичної механіки і застосовується для оцінок вірності аналізу при виконанні самостійних робіт при перевірці обчислювальних розрахунків на базі програмного комплексу «КІДІМ». В усіх задачах визначаються закони руху, кінематичні характеристики, абсолютні швидкості й пришвидшення тіл та окремих їхніх точок підраховуються енергії, роботи та потужності сил та функції дисипації. Закони руху визначаються шляхом інтегрування диференціальних рівнянь за часом t [$0 \leq t \leq t_*$].

Висновки. Отримані залежності для інваріантів мають самостійне значення і їх можна використовувати для встановлення дійсних значень характеристик руху, енергії, роботи та потужності сил та функції дисипації за результатами комп'ютерних розрахунків.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕДУРИ MIP-MAPPING ПРИ ФОРМУВАННІ ТРАСИ ПОЛЬОТУ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Гречихін А.М.¹, Макогон О.А.¹, Хацько Н.Є.¹, Lozanovic Sajic J.V.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Innovation Center Kraljice Marije, University of Belgrade, Serbia

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) все частіше використовуються для вирішення практичних завдань різного роду. Зазвичай політ БПЛА управляється оператором з дистанційного пульта, або ж політ може відбуватися в автоматичному режимі по трасі, що записана до бортової пам'яті. Проте можливі ситуації, в яких через зміну умов необхідна часткова або повна зміна завдання польоту вже під час його виконання. У цьому випадку потрібно оперативна прокладка нового маршруту на заданій ділянці польоту по карті місцевості. Оперативна прокладка траси часто викликає труднощі через складність і неоднорідність картографічних даних. Таким чином, актуальним є пошук ефективних алгоритмів прокладення необхідних маршрутів, особливо для управління БПЛА в режимі реального часу. Істотну допомогу в цьому може надати спеціальне програмних забезпечення.

Доповідь присвячена деяким аспектам створення програмного забезпечення, що полегшує роботу з прокладання траси польоту над місцевістю зі складним рельєфом. Розглядається можливість конструювання трас польоту по картах з можливістю більш детального розгляду окремих ділянок місцевості.

Для прокладки нового маршруту використовуються карти, що зберігаються в базі даних комп'ютера оператора або завантажуються в пам'ять через мережу. Розробка нової траси може викликати необхідність збільшити або зменшити масштаб карти території обльоту. Наприклад, при польоті по ділянках без змін рельєфу місцевості і поза забудов масштаб карти можна не міняти, і це не вплине на безпеку польоту. Навпаки, розробка траси над більш складним рельєфом з підвищеною ентропією вимагає деталізації окремих ділянок. Збільшення масштабу всієї карти уповільнює роботу комп'ютера і впливає на швидкість прокладання маршруту. Доцільно відокремлювати від всього масиву даних необхідні ділянки і змінювати тільки їх деталізацію, що і дозволяє робити технологія mip-mapping. Наведений алгоритм перетворення картографічних даних дозволяє скоротити необхідну кількість оперативної пам'яті, видалити шум і муар на картах з низьким рівнем деталізації, що є особливо важливо при формуванні безпечної траси польоту.

Для передачі складеної траєкторії на борт БПЛА в реальному часі пропонується використовувати контейнерну упаковку даних, з наступною структурою: координати і кути орієнтації для БПЛА в точці початку ділянки та в кінцевій точці; рівняння кривої, яка описує маршрут.

Таким чином, за рахунок зменшення часу завантаження карт в пам'ять пристрою і обраному способу контейнерної передачі даних відбувається оптимізації часу, витраченого на складання польотного завдання і його передачу системі управління БПЛА.

ОРТОГОНАЛЬНІ ТА ЕЛЕМЕНТАРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ МАТРИЦЬ УЗАГАЛЬНЕНОЇ ПРОБЛЕМИ ВЛАСНИХ ЗНАЧЕНЬ

Грищенко В.М., Бредихін І.О.
*Національний технічний університет
«Харківській політехнічний інститут», м. Харків*

Визначення спектру частот в прикладних задачах лінійної та нелінійної теорії коливань, динаміці машин, стійкості та інших залишається актуальною проблемою. Узагальнена проблеми EigenValue має наступний вигляд:

$$Kx = \lambda Mx$$

Принципово її рішення зводиться до ітераційних процедур Тенденція до зростання порядків розрахункових рівнянь, що можуть досягати десятки тисяч і більше, пред'являє підвищені вимоги до теоретичного обґрунтування та удосконалення всіх складових алгоритмів та впровадження нових підходів рішення цієї проблеми. Для суттєвого прискорення ітераційних методів пошуку (λ, x) дві матриці (K, M) попередньо спрощують.

В роботі аналізуються потенціальні можливості ортогональних перетворень обертання та стійких елементарних для попереднього спрощення форми матриць узагальненої проблеми: $(K, M) \rightarrow (L, E)$

Для цілеспрямованого перетворення пучка формуються послідовні ланцюги з простих лівих та правих стійких перетворень еквівалентності з використанням матриць перестановок π_{ij} , матриць повертань R_{ij} , елементарних неунітарних матриць типу T_{ij} , випробувані схеми QZ алгоритму.

Схема одного з варіантів для випадку невивіржених матриць така:

1. *Маштабування пучка матриць.*
2. *Приведення матриці M до трикутної форми.*
3. *Приведення узагальненої проблеми до стандартної.*

$$(K - \lambda M) \rightarrow (K_1 - \lambda E)$$

4. *Ортогональне приведення матриці K до форми Хесенберга*
5. *Приведення матриці Хесенберга до ланцюгової форми*

$$(K - \lambda M) \rightarrow \left(\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \times \\ \times & \cdot & \cdot & \cdot & \times \\ \cdot & \times & \cdot & \cdot & \times \\ \cdot & \cdot & \times & \cdot & \times \\ \cdot & \cdot & \cdot & \times & \times \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix} \right)$$

На прикладі невивірженої матриці 7-го порядку наведені порівняльні результати заключних форм Хесенберга та ланцюгової:

$\begin{bmatrix} 0.064 & -0.167 & 0.344 & -0.428 & -0.037 & -0.503 & -1.435 \\ 1.166 & 0.423 & -1.968 & -3.455 & -1.942 & 1.814 & -12.429 \\ \cdot & 1.151 & 0.512 & 0.893 & 0.236 & -0.210 & 4.282 \\ \cdot & \cdot & 0.905 & 2.543 & 0.898 & -0.272 & 4.932 \\ \cdot & \cdot & \cdot & 0.850 & 1.010 & 0.682 & 2.048 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0.143 & 0.767 & 0.193 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0.037 & 0.963 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 185.56 \\ 1.166 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1358.75 \\ \cdot & 1.151 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 3930.81 \\ \cdot & \cdot & 0.905 & \cdot & \cdot & \cdot & -5199.63 \\ \cdot & \cdot & \cdot & 0.850 & \cdot & \cdot & 4417.22 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0.143 & \cdot & -431.15 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0.037 & 6.28 \end{bmatrix}$
---	---

Видно, що розріджена форма може надавати певні переваги та вираш у економічності подальших операцій.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ШТАМПОВКИ І ПРОКАТКИ ПІДШИПНИКОВОГО КІЛЬЦЯ

Грозенок Є.Д., Сімсон Е.А., Степук О.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Безпека залізничного транспорту безпосередньо пов'язана з надійністю його ходової частини. Найважливішим елементом ходової частини є підшипниковий вузол. Тому створення довговічного залізничного підшипника є актуальним завданням. У зв'язку з тим, що при інтенсивному циклічному навантаженні в підшипниковому кільці може виникати руйнування за рахунок втомленості, то підвищення його довговічності шляхом вибору оптимальних параметрів технологічних процесів штампування і розкочування на стадії його виготовлення дозволить підвищити надійність і довговічність всього залізничного підшипникового вузла [1]. До основних технологічних операцій формоутворення підшипникового кільця відносяться об'ємна штамповка і розкочування, при яких також відбувається зміна укладання волокнистої структури матеріалу кільця. Відомо, що волокна повинні не виходити на доріжку кочення і бути паралельні їй [2]. Для визначення термонапруженого стану заготовок кілець підшипника при технологічній операції штампування і розкочування було розв'язано ряд нестационарних зв'язаних крайових контактних термомеханічних завдань. На основі методу скінченних елементів були створені моделі аналізу напружено-деформованого стану, які враховують фазові переходи і залежність властивостей матеріалу від температури і швидкості деформацій. Отримані розподіли полів температур і деформацій в заготовці при розв'язанні крайової термов'язкопластичної задачі, яка описує процес штампування, були використані в якості вихідних даних при вирішенні подальшої крайової задачі, яка описує процес розкочування, тобто враховується передача параметрів технологічної спадковості на кожному новому етапі моделювання технологічного процесу. Аналіз НДС підшипникового кільця, який виникає в процесі штампування і розкочування, на базі чисельного методу МСЕ дозволяє прогнозувати структуру і поведінку матеріалу заготовки при деформації і підбирати такі оптимальні технологічні параметри, які забезпечать підвищення надійності і довговічності виробів.

Література:

1. SKF/ Повреждения подшипников качения и их причины. Авторское право SKF АВ, 2002, Санкт-Петербург/
2. Банных О.А. Штамповка поковок с направленным волокнистым строением/ О.А. Банных, О.А. Белокуров. — М: Вестник машиностроения-2000-№10-33 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ НА ПЕРФОРИРОВАННУЮ ОБОЛОЧКУ

Дегтярев К.Г.¹, Гнисько В.И.¹, Тонконоженко А.М.²

¹Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного

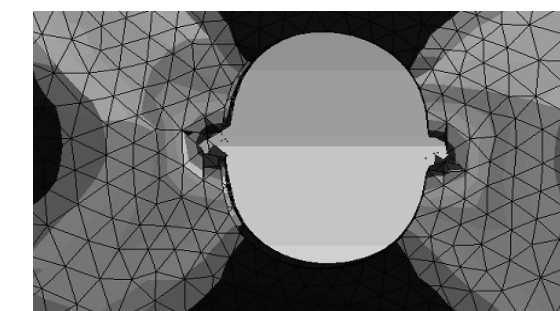
НАН Украины, г. Харьков

²ГП КБ «Южное», г. Днепр

Были исследованы динамические высокоскоростные процессы в перфорированных цилиндрических оболочках. Проведена визуализация процесса разрушения. Определены моменты разрушения конструкции. Для модели оболочки установлена вероятность успешного прохождения виртуальных испытаний. На основе проведенных расчетов даны рекомендации по упрочнению конструкции.

Изучено предельное состояние перфорированной цилиндрической оболочки с серией кольцевых круглых отверстий. Использовалась мультилинейная диаграмма растяжения-сжатия материала АМг-6.

Нагружение оболочки осуществлялось в течении $t = 4,53$ мс. С максимальным давлением до 32 МПа. Основные геометрические параметры модели: длина – 420мм, диаметр оболочки – 220мм, толщина стенки – 13мм, диаметр отверстий от 20мм до 40мм. В качестве основного параметра критерия разрушения выбиралась максимальная пластическая деформация. Используя метод конечных элементов, было получено решение согласно



которому:

1) Разрушающая нагрузка составила около 30 МПа, при $t = 4,2$ мс.

2) Установлено, что использование трехмерных элементов нецелесообразно, так как различие данных расчетов по определению разрушающей нагрузки с использованием оболочечных и

пространственных элементов составляет не более 1 %.

3) По данным расчетов разрушение начинается на внутренней поверхности оболочки, однако интенсивности напряжений по Мизесу на внутренней и внешней поверхностях отличаются в четвертом знаке.

4) Образовавшиеся на кромке локальные разрушения со временем развиваются в трещины, что приводит к разрушению конструкции.

5) В качестве рекомендаций по упрочнению конструкции предлагается усиление кромок отверстий 2,3,4 колец или уменьшение их диаметра.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ РЕШЕТКИ НЕСТАЦИОНАРНЫМ ТРЕХМЕРНЫМ ВЯЗКИМ ПОТОКОМ С ИЗМЕНЕНИЕМ ВО ВРЕМЕНИ

Карпик А.А.

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

Численное моделирование течения вязкого рабочего тела в проточных частях осевых компрессоров является сложной задачей вычислительной аэродинамики. Проведение численных исследований является необходимым для понимания газодинамических процессов, которые происходят в проточных частях турбомашин, а также для улучшения их аэродинамических характеристик и повышения эффективности.

Численные исследования, представленные в настоящей работе, проведены с помощью программного комплекса F.

Анализ нестационарного обтекания решеток представляет собой сложную краевую задачу. Течение в межлопаточном канале является нелинейной задачей. Нелинейные эффекты при течении в межлопаточном канале проявляются в виде вихревых следов сложной формы.

Для описания пространственного течения газа в решетках профилей используется система нелинейных дифференциальных уравнений Навье-Стокса в частных производных. Для решения системы уравнений построена итерационная разностная схема с использованием дискретизации по времени. Исходные уравнения интегрируются численно с помощью итерационной явно-неявной разностной схемы второго порядка аппроксимации, явный оператор которой основан на ENO схеме Хартена, а неявная аппроксимация реализована с помощью схемы Бима-Уорминга-Стегера.

В качестве модели турбулентности использована дифференциальная двухпараметрическая $k-\omega$ SST модель Ментера. Расчет выполнен на разностной H-сетке с количеством ячеек более 1,3 млн в одном межлопаточном канале.

При решении задачи о течении в ступени компрессора для строгого учета нестационарного взаимодействия лопаточных аппаратов проводился расчет во всех межлопаточных каналах каждого венца с изменением взаимного положения решеток на каждом шаге по времени.

Разработанная модель позволяет определить структуру потока и его особенности. Установлены основные факторы, вызывающие неоднородность и нестационарность потока газа. Определены поля давления и скоростей в различные моменты времени при вращении рабочего колеса.

ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ РОЗМІРІВ ПЕРЕРІЗІВ ЛЬОДОЗАХИСНОЇ СТАЛЕВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Киркач О.Б., Киркач Б.М.

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

Глобальні зміни клімату, що викликають часті чергування періодів похолодання та потепління взимку, дедалі сміливіші архітектурні рішення сучасних новобудов із складною геометрією покрівель та фасадів, а також новітні теплозберігаючі матеріали, що їх все частіше застосовують в будівництві – тільки деякі з факторів, що призводять до постійно зростаючої небезпеки снігових та льодових обвалів з будинків українських міст в зимовий період. Важкі маси льоду та змерзлого снігу, що сповзають та падають з дахів та карнизів громадських будівель, можуть тяжко травмувати або навіть вбити перехожих, а також заподіяти майнову шкоду. Це змушує власників будівель та місцеву владу вживати запобіжні заходи, серед яких досить розповсюдженим та ефективним є встановлення захисних козирків та навісів над входами в будинки та двори, прибудинковими доріжками тощо. Разом із тим, у більшості випадків виготовлення таких конструкцій відбувається без належного фахового супроводу, проектування та розрахунків, адже на сьогоднішній день в Україні не існує (принаймні до відома авторів) спеціалізованих нормативних документів, які б це регламентували.

Доклад присвячено проблемі визначення безпечних розмірів поперечних перерізів ділянок сталевих рами, що є основним несучим елементом такої захисної конструкції, отже має витримувати навантаження від падіння льодових тіл. Задача вирішується в два етапи: аналітично та чисельно. Спочатку, на основі спрощеної моделі, здійснюється аналітичний розв'язок за допомогою класичного методу сил для пружних статично невизначених стержньових систем. При цьому, ударна дія льодового тіла на конструкцію моделюється за допомогою статичного навантаження, розмір якого визначається за умови збереження механічної енергії при абсолютно непружному ударі. Отримані таким чином приблизні значення параметрів перерізів потім уточнюються чисельно із застосуванням програмного забезпечення ANSYS/LS-DYNA на основі уточненої тривимірної моделі конструкції під динамічним раптовим навантаженням. На основі отриманих результатів скінчено-елементного моделювання проводиться їх обговорення та порівняльний аналіз з аналітичними даними, робляться висновки.

Література:

1. Daiyan H., Sand B. Numerical Simulation of the Ice-Structure Interaction in LS-DYNA. In Proc. 8th European LS-DYNA Users Conference, Strasbourg – May 2011.
2. Fasanella E.L., Boitnott R.L., Kellas S. Test and Analysis Correlation of High Speed Impacts of Ice Cylinders. In Proc. 9th International LS-DYNA Users Conference, Manchester – June 2013.

ЧИСЕЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНИХ ТА МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКНИСТИХ КОМПОЗИТІВ

Костромицька О.А.¹, Львов Г.І.¹, Петров О.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Державне підприємство "Івченко-Прогрес", м. Запоріжжя

Робота присвячена розробці процедури чисельного визначення пружних характеристик і параметрів критерію міцності для двовісних плетених композитів. Знаходиться розподіл напружень в межах представницького об'єму (ПО) матеріалу, обчислюються середні напруження і середні пружні константи композиту для випадків простого навантаження. Розрахунки виконані для розтягування і стискання в трьох напрямках, трьох розтягувань (або стискань) одночасно по двох напрямках і зсуву в трьох площинах. Для ортотропних структур число незалежних констант (і чисельних експериментів) дорівнює 12. Критерій міцності для еквівалентного однорідного матеріалу приймається у вигляді [1]:

$$A_{ijkl}\sigma_{ij}\sigma_{kl} + B_{ij}\sigma_{ij} = 1 \quad (1)$$

де A_{ijkl} , B_{ij} - коефіцієнти, що визначаються за знайденими в результаті чисельних експериментів меж міцності в трьох напрямках $i, j=1,2,3$; σ_{ij} - компоненти середніх напружень.

Якщо макронапружений стан еквівалентного континууму є однорідним, можна виділити періодично повторювані в трьох напрямках ПО. Розподіли напружень і деформацій однакові в межах всіх ПО, а поля переміщень розрізняються на константу. Для кожного чисельного експерименту встановлено свої умови періодичності на граничних площинах ПО. Розрахунки напружено-деформованого стану здійснено в ПК ANSYS. Одна з різноманітних моделей ПО, що були розраховані, без матриці показана на рис. 1. Для цієї моделі для окремого випадку навантаження – двохосьового розтягування/стискання в площині X0Y, – на рис. 2 показані поля граничних напружень.

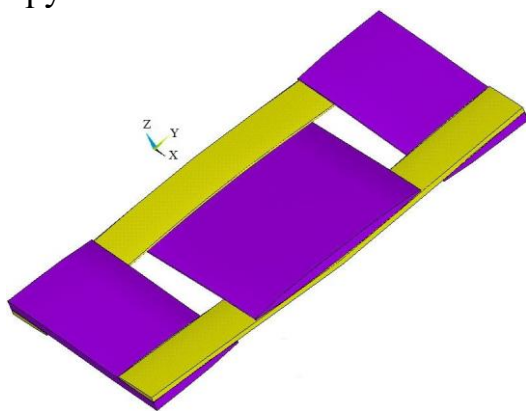


Рисунок 1

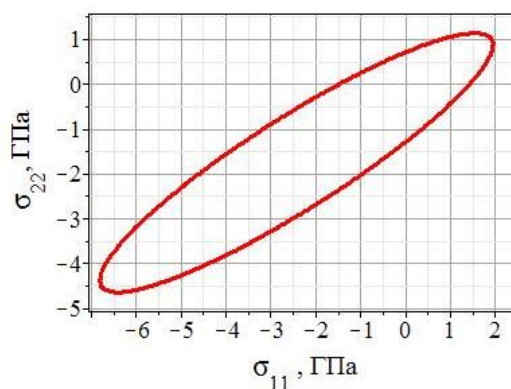


Рисунок 2

Література:

1. Tsai S. W., Wu E. M. (1971). A general theory of strength for anisotropic materials. Journal of Composite Materials, vol. 5, pp. 58-80.

ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ТІЛ ПРИ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Лавінський Д.В., Морачковський О.К.

Національний технічний університет

«Харківській політехнічний інститут», м. Харків

Розглянуті результати дослідження, які проведені на кафедрі теоретичної механіки за фундаментальною науково-дослідною роботою «Розробка математичних моделей і методів рішення нелінійних задач динаміки та міцності елементів конструкцій при дії квазістатичних, динамічних та ударних навантажень» (Номер державної реєстрації: 0115U000509).

Актуальність. Електромагнітне поле (ЕМП) є умовою функціонування ряду технічних і технологічних систем, для яких взаємодія ЕМП з електропровідними тілами приводить до їх руху або деформації. В технологічних цілях використовують обробку матеріалів імпульсними ЕМП з метою підвищення міцності, корозійної стійкості, зниження рівня залишкових напружень. Широкий клас технологічних процесів обробки матеріалів тиском використовує енергію імпульсних магнітних полів. При цьому енергетичні рівні ЕМП можуть бути настільки значними, що призводять до незворотної деформації конструктивних елементів, силовому впливу не лише на заготовки, а і джерела ЕМП – індуктори.

Розрахункові результати. У роботі проведені розрахунки двох типів індукторних систем: одновиткові індуктори із конічним «вікном» та бандажем, та кільцевий з екраном. У межах єдиної розрахункової скінчено елементної моделі були розв'язані задачі визначення полів розподілу компонент ЕМП у матеріалі індуктора та заготовки та напружено - деформованого стану індуктора і заготовки. Дослідження проведені із визначенням розподілу максимальної інтенсивності напружень та максимальних переміщень заготовки в залежності від розмірів конічного «вікна» та кільця індуктора, та в залежності від величини сили струму, що подається на індуктор. В обох випадках аналіз напружено-деформованого стану індукторів вимагає розв'язання контактних задач, що потребує використання чисельних методів. Подібні методи мають базуватися на відповідних моделях термомеханіки суцільного середовища.

Аналіз показав, що зростання сили струму призводить до збільшення переміщень заготовки і значень максимальної інтенсивності напружень у точках індуктора, які безпосередньо знаходяться біля робочої зони (конічне „вікно” та кільцевий виток), що негативно впливає на працездатність індукторів.

Встановлення достовірності. Експериментальна практика підтверджує необхідність виготовлення індукторів як складених тіл. З одного боку виконання складених індукторів (у схемі «виток – екран») дозволяє підвищити сили для покращення впливу на заготовку, з іншого боку використання бандажів дозволяє покращити працездатність індукторних систем, що отримано за результатами розрахунків.

ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ БАНДАЖІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ТРУБОПРОВОДІВ

Львов І.Г.

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

Магістральні трубопроводи мають велике значення для ефективного функціонування галузі, що забезпечує різноманітні ринки енергетичними ресурсами: нафтою, природним газом та рідкими нафтопродуктами. З цієї причини, забезпечення їх безперебійної роботи і безаварійної експлуатації дуже важливо. На жаль, об'ємні дефекти поверхні, що виникають в результаті корозії або процесів ерозії-корозії можуть значно зменшити міцність трубопроводу. Застосування композитних матеріалів в передових ремонтних системах пошкоджених трубопроводів дає можливість зробити ремонт більш ефективним і не вимагає зупинки роботи трубопроводу[1].

Дана робота зосереджена на розробці методу вибору оптимальних параметрів композитних бандажів, які встановлюються на пошкоджених ділянках трубопроводів. Мета пошуку оптимальної конструкції полягає в забезпеченні рівно-міцної структури, таким чином, що максимальна інтенсивність напружень ремонтної зони, не відрізнятиметься від інтенсивності напружень на непошкоджених ділянках трубопроводу, параметри товщини і довжини бандажа варіюються. Розрахунок цільової функції в будь-якій точці допустимого безлічі змінних параметрів вимагає структурного аналізу з використанням методу скінченних елементів. Для таких задач доцільно використовувати прямі методи оптимізації, які вимагають тільки розрахунків цільової функції. Через високу складність обчислення цільової функції і великого числа елементів допустимого безлічі змінних параметрів застосовується метод Монте-Карло з генерацією чисел вибірки методом латинського гіперкуба [2] для знаходження мінімуму цільової функції.

Проведено аналіз напруженого стану системи трубопровід-бандаж з використанням методу скінченних елементів який реалізовано в програмному комплексі ANSYS. Значення цільової функції були отримані для кожного елемента вибірки і цільова функція була апроксимована за допомогою полінома другого порядку. Проблема оптимізації вирішена методом випадкового пошуку [3] мінімуму цільової функції, що імплементовано в програмний комплекс EDAOpt. Скінченно елементний аналіз конструкції з використанням знайдених оптимальних параметрів бандажу показав добру узгодженість з результатами апроксимації.

Література:

1. Казакевич М.И. Проектирование металлических конструкций надземных промышленных трубопроводов. — К.: Будівельник, 1889. — 160 с.
2. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло. — М. : Наука, 1973. — 312 с.
3. Anderson R.L., Recent advances in finding best operating conditions /Anderson R.L.// Journal of the American Statistical Association. – 1953. – №48. – с. 789–798.

ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ АНІЗОТРОПІЇ В'ЯЗКОПРУЖНОСТІ В КОМПЛЕКСАХ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ

Мартиненко В.Г.

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

Розроблено методику моделювання анізотропних в'язкопружних властивостей матеріалу, що базується на використанні стандартних засобів задання в'язкопружності в програмних комплексах скінченно-елементного аналізу, зокрема комерційних.

Як проаналізовано в роботі, ці комплекси розглядають випадок ізотропних в'язкопружних властивостей матеріалу із відокремленням сферової та девіаторної частин. Наведено випадки, в яких виникає потреба моделювання ортотропної або анізотропної в'язкопружності, що пов'язані, наприклад, з армуванням в'язкопружної матриці композитів пружними волокнами.

Оскільки аналітична або чисельна моделі, що описують такий випадок, є занадто складними, на даний момент існують методи розв'язання задач анізотропної в'язкопружності для моделей знижених розмірностей, наприклад, для випадків двовимірного напруженого або деформованого станів.

Однак такі методи не мають великого практичного значення, тому що двовимірні постановки задач в інженерній практиці нечасто адекватно моделюють механічну поведінку реальних конструкцій і машин.

Описаний в роботі підхід дозволяє враховувати анізотропію в'язкопружних властивостей в загальній постановці для всіх типів скінченних елементів без написання додаткових модулів в програмних пакетах скінченно-елементного аналізу. Вона базується на доведеній відповідності відображення в'язкопружних властивостей стандартною реологічною моделлю, показаною на рис. 1, а, комбінованій реологічній моделі, показаній на рис. 1, б.

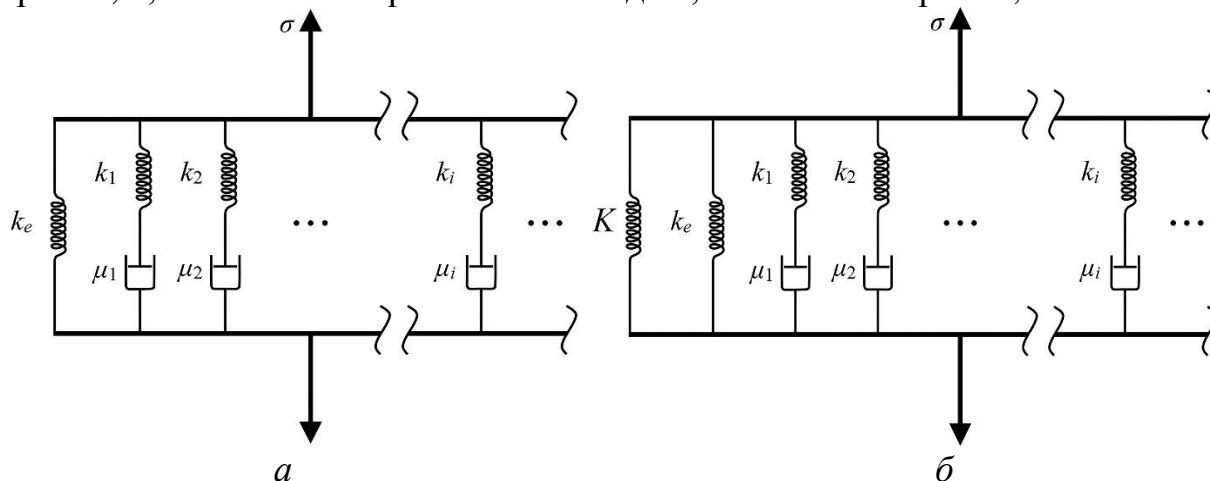


Рисунок 1. Реологічні моделі в'язкопружного матеріалу

Наведений підхід використаний при розв'язанні контактних задач анізотропної в'язкопружності оболонок, де він знаходить своє застосування завдяки високій продуктивності та адекватному співвідношенню результатів.

ДЕМПФЕРНІ ЕЛЕМЕНТИ В РОТОРНИХ СИСТЕМАХ

¹Мартиненко Г.Ю., ²Марусенко О.М.

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

**²НАН України «Інститут проблем машинобудування
ім. А. Підгорного», м. Харків**

Сучасні механічні системи, в тому числі роторні, являють собою складні конструкції, які працюють за рахунок взаємодії окремих складових частин. Рівень коливань роторних систем залежить від ряду факторів, таких як, конструктивні особливості, характер з'єднань елементів, недосконалість виготовлення і експлуатації, неконсервативні сили, що виникають при роботі таких систем.

Для зменшення рівня вібрацій і покращення працездатності і надійності таких систем використовують різні механізми демпфування. Демпфування може здійснюватись за рахунок сил опору, обумовлених демпферними властивостями матеріалів, що застосовуються, тертям в з'єднаннях і сил опору в конструкційних елементах, а також при використанні різних демпферних елементів, налаштованих демпферних пристроїв, які повинні мати високі динамічні властивості, достатній ресурс, здатність зберігати робочі характеристики в широкому діапазоні частот обертання і температур. Різноманітність конструкцій демпферних елементів, принципів дії залежить від виду задач, які необхідно вирішити. Правильний підбір параметрів демпферних елементів системи є актуальним завданням в проблемі дослідження її динамічної поведінки та можливостей впливу на рівень вібрації.

В роботі здійснено узагальнення відомих підходів до математичного опису сил опору, розглянуто принципи моделювання сил тертя, лінійні та нелінійні моделі. Проведено аналіз різноманітних демпферних елементів механічних систем, в тому числі роторних, розглянуто ефективність використання демпферів в залежності від конструктивних особливостей та місця установки.

Для роторних систем особливе значення має рівень демпфування в опорах. Проведено класифікацію основних типів демпферних опор роторів та їх властивостей. Особливу увагу приділено використанню гідродинамічних та електромагнітних демпферів. Аналізується можливість здійснення корекції параметрів роботи динамічної системи, регулювання силових і демпферних властивостей за допомогою мехатронних опор роторів, до складу яких можуть входити підшипники різних типів і конструкцій (активні магнітні, газового і рідинного тертя).

Створення ефективних математичних моделей і методів розрахунку при дослідженні впливу демпферних властивостей елементів роторних систем на їх динамічні характеристики є актуальним завданням в процесі зниження рівня вібрацій на режимах роботи, при яких виникає ймовірність втрати стійкості ротора і порушення працездатності всієї конструкції.

ОСОБЛИВОСТІ ЧИСЕЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРА ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ В МАГНІТНИХ ПІДШИПНИКАХ

Мартиненко Г.Ю.

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

Представлено розрахункові дослідження з пошуку за неповними даними розрахункової скінченоелементної моделі ротора газотурбінної установки в магнітних підшипниках. Ця модель призначена для поглибленого аналізу його динамічної поведінки. Дані дослідження виконувалися за допомогою параметричного моделювання і проведення серії варіантних статичних і динамічних розрахунків з метою визначення параметрів розрахункової моделі зіставленням з відомими даними. Змінними параметрами були діаметри ділянок ротора, а також густина і модуль пружності матеріалу його складових частин. Відомими даними, за якими проводилася ідентифікація моделі, є схема ротора, габаритні і міжпорні розміри, маси, поперечні, екваторіальні моменти інерції і центри тяжкості валів турбокомпресора, генератора і всього валопровода, а також власні частоти і форми ротора газотурбінної установки. При проведенні варіантних розрахунків використовувалася балкова скінченоелементна модель ротора, що складається з тривимірних балкових скінчених елементів з круглим і кільцевих перетинами різних розмірів для різних частин ротора. Моделювання активних магнітних підшипників здійснювалося за допомогою пружно-демпферних скінчених елементів спеціального типу. З використанням цієї моделі проводилось два типи аналізів. Для пошуку варіанту моделі з заданими масами, моментами інерції і центрами мас виконувалася серія статичних аналізів з різними значеннями густини і діаметрів ділянок. Після знаходження значень цих параметрів пошук моделі здійснювався підбором модулів пружності до збігу значень власних частот з еталонними значеннями в заданому діапазоні. Остаточна перевірка моделі проводилася шляхом розрахунку власних частот в залежності від швидкості обертання ротора, побудови діаграми Кемпбелла (рис. 1) для знаходження критичних швидкостей обертання і зіставлення її із заданою діаграмою. Результати численних експериментів свідчать про адекватність знайденої розрахункової моделі і її придатність для виконання подальших досліджень.

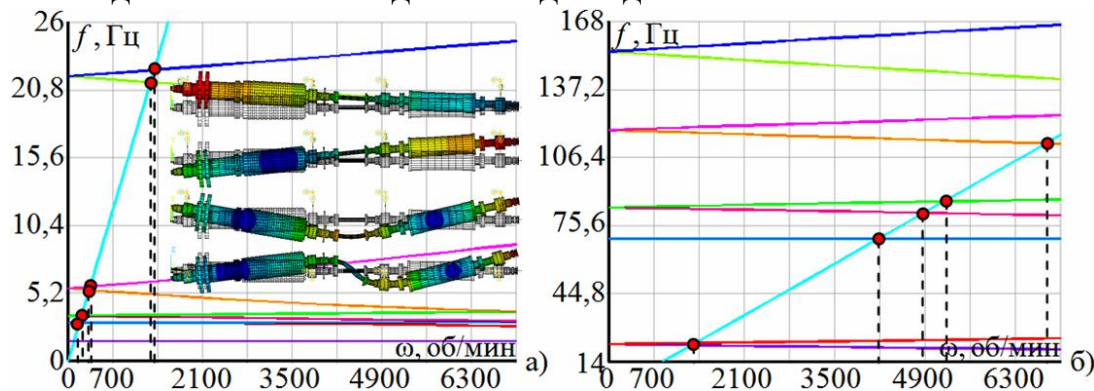


Рис. 1. Частотна діаграма Кемпбелла для ротора ГТУ із зазначенням критичних швидкостей (при жорсткості опор 1 МН/м): а) $f=0-26$ Гц; б) $f=14-168$ Гц

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ КАЧЕНИЯ

Назаренко С.А.

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

Появляющаяся при функционировании подшипниковых узлов качения вибрация обуславливается большим количеством факторов и достаточно сложно структурирована. Опубликованные методики выбора подшипников являются общими без детализации режимов работы конструкций машин и не гарантируют надежность в течение расчетного срока службы. Решение задачи оптимизации подшипников качения непосредственно связано с решением ряда проблем [1, 2]:

- оценка влияния погрешностей формообразования и изменения состояния материалов при изготовлении и эксплуатации подшипниковых узлов качения, нарушающих циклическую симметрию конструкций, на повышение динамической нагруженности (перегрузку) в предельной и статистической постановках;

- специфика условий оптимальности и соотношений анализа чувствительности для конечноэлементных моделей конструкций с поворотной симметрией и со стохастическими ее нарушениями;

- поиск распределения давлений на площадке контакта, кинетика трансформации изношенной поверхности, длительность ступени приработки с интенсивным изменением макрогеометрии контакта, взаимное положение контактирующих компонент при многообразных условиях нагружения;

- выбор антифрикционных препаратов, структурное и параметрическое управление эксплуатационными свойствами смазки (реологическая модель среды; зависимость вязкости, теплоемкости, плотности, теплопроводности смазки от давления и температуры; физические свойства контактирующих тел; топография поверхностей);

- нахождение участков проскальзывания и сцепления в контактных задачах с трением.

Литература:

1. Симсон Э. А. Анализ прочности и динамики поворотно –симметричных многокомпонентных конструкций (подшипниковых узлов качения) / Э. А. Симсон; С. А. Назаренко // Вісник НТУ «ХПІ». – Харьков : НТУ «ХПІ», 2016. — № 26 (1198): Динамика и прочность машин. — С. 71-74. doi: 10.20998/2078-9130.2016.26.799332.

2. Назаренко С. А. Математические модели мультифизического анализа конструкций для CALS технологий / С. А. Назаренко // Вісник НТУ «ХПІ». — Харків : НТУ «ХПІ», 2008. — № 47 : Динамика и прочность машин. — С. 125–132. doi: 10.20998/2078-9130.2008.36.49628.

МЕТОД КОРЕКЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ОРІЄНТАЦІЇ ВИСОКОДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Некрасова М.В.

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

Розроблено метод корекції за надлишковою інформацією параметрів орієнтації об'єкту, що швидко обертається навколо вздовжної осі. Специфіка об'єкту, що швидко обертається, в тому, що стрімко накопичується похибка визначення орієнтації, пов'язана із похибкою масштабного коефіцієнту для гіроскопу та пропорційна куту повороту відносно його вимірювальної осі. Для вирішення цієї проблеми був розроблений метод корекції, вільний від зазначених недоліків. В основу розробки покладена ідея високочастотної корекції куту крену на підставі використання вимірів вектору уявного прискорення, проекції якого на осі чутливості акселерометрів внаслідок обертання мають модульований характер.

Для досягнення мети були поставлені та виконані такі завдання: а) у методі, який використовує супутникову інформацію, проведене виділення екстремального значення за сигналами акселерометрів каналів ризикання і тангажу; б) сформовано корегуючий сигнал, який використовується у блоці розв'язаної корекції куту крену для перевизначення поточного значення куту крену, що був отриманий при обчисленні навігаційних параметрів; в) проведено фільтрацію і корегування куту крену замість сигналу, пропорційного куту крену з блоку обчислення навігаційних параметрів.

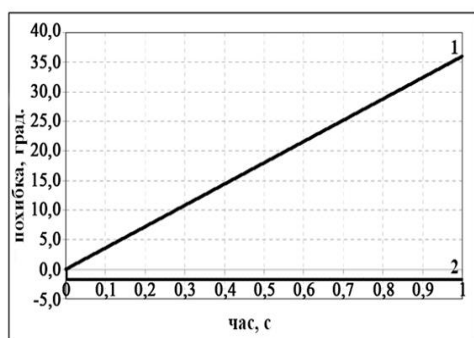


Рис.1. Поведінка похибки визначення куту крену: 1 – без корекції; 2 – з корекцією.

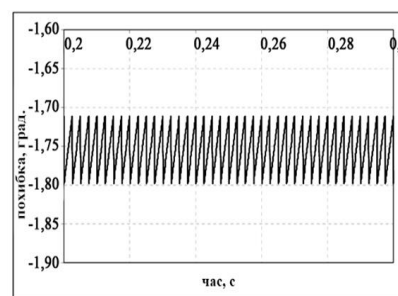


Рис. 2. Фрагмент похибки визначення куту крену за алгоритмом з корекцією

Моделювання (рис.1 та 2) продемонструвало працездатність та ефективність запропонованого методу. Цей метод може бути використаний для побудови високоточних систем керування.

Література:

1. Успенский В.Б. Измерение ускорения и угловой скорости твердого тела с помощью избыточной системы акселерометров / В.Б. Успенский, М.В. Некрасова // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – Вып. 63. – С. 138-145. 2. Успенский В.Б. Решение задачи инерциальной навигации в БИНС / В.Б.Успенский, И.А.Багмут // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009. - №3 (60). – С.39-44.

МУЛЬТИПЛІКАТИВНІ ЕТАЛОННІ ТРЬОХЧАСТОТНІ МОДЕЛІ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА

Плаксій Ю.А.

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

Для проведення точного аналізу розрахункових алгоритмів в безплатформених системах орієнтації рухомих об'єктів на етапі проектування таких систем застосовують еталонні моделі обертання твердого тіла. Найбільш поширеними аналітичними моделями є моделі кінчного обертання і регулярної прецесії, в яких кватерніон орієнтації і квазікоординати, що формуються на виході датчиків кутової швидкості на такті обчислень, представляються неперервними явними функціями часу. Оскільки реальний обертальний рух об'єкта не завжди відповідає кінчному руху або регулярній прецесії, то задача побудування нових еталонних моделей, що описують більш складний рух об'єкта, є достатньо актуальною.

Для розширення класу аналітичних еталонних моделей пропонуються три нових типу моделей, основані на трьохчастотному представленні модельного кватерніона орієнтації. В моделі першого типу компоненти кватерніона задаються у вигляді:

$$\begin{aligned} \lambda_0(t) &= \cos \varphi(t); \quad \lambda_1(t) = \sin \varphi(t) \cdot \sin \psi(t); \\ \lambda_2(t) &= \sin \varphi(t) \cdot \cos \psi(t) \cdot \sin \phi(t); \quad \lambda_3(t) = \sin \varphi(t) \cdot \cos \psi(t) \cdot \cos \phi(t), \end{aligned} \quad (1)$$

де $\varphi(t)$, $\psi(t)$, $\phi(t)$ – кути, що неперервно змінюються з часом.

Компоненти кватерніона орієнтації для моделі другого типу має вигляд:

$$\begin{aligned} \lambda_0(t) &= \cos \varphi(t) \cdot \cos \psi(t); \quad \lambda_1(t) = \sin \varphi(t); \\ \lambda_2(t) &= \cos \varphi(t) \cdot \sin \psi(t) \cdot \cos \phi(t); \quad \lambda_3(t) = \cos \varphi(t) \cdot \sin \psi(t) \cdot \sin \phi(t). \end{aligned} \quad (2)$$

Для моделі третього типу пропонується наступне представлення кватерніона орієнтації:

$$\begin{aligned} \lambda_0(t) &= \cos \varphi(t) \cdot \cos \psi(t) \cdot \cos \phi(t); \quad \lambda_1(t) = \sin \varphi(t); \\ \lambda_2(t) &= \cos \varphi(t) \cdot \sin \psi(t); \quad \lambda_3(t) = \cos \varphi(t) \cdot \cos \psi(t) \cdot \sin \phi(t). \end{aligned} \quad (3)$$

На основі представлень (1) – (3) отримані аналітичні еталонні моделі, що включають залежності для компонент кватерніона орієнтації, проєкцій вектора кутової швидкості і квазікоординат на такті обчислень.

В результаті проведеного чисельного експерименту для кінематичних моделей (1) – (3) у випадку, коли кути $\varphi(t)$, $\psi(t)$, $\phi(t)$ змінюються з часом лінійно, побудовані траєкторії $\lambda_i(\lambda_k)$, ($i > k$) в конфігураційному просторі параметрів, вигляд яких суттєво відрізняється від характерного вигляду траєкторій, що мають місце у випадку моделей кінчного руху і регулярної прецесії. Для відомих алгоритмів визначення орієнтації отримані оцінки точності у вигляді похибок дрейфу. Наводяться результати аналізу точності алгоритмів для різних реалізацій моделей.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕВЕРСИВНИХ СХЕМ АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ КВАТЕРНІОНІВ ОРІЄНТАЦІЇ НА ЕТАЛОННІЙ МОДЕЛІ

Плаксій Ю.А., Сліпенчук І.О.

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

При розв'язанні задачі визначення орієнтації в безплатформених інерціальних навігаційних системах (БІНС) в умовах постійного такту роботи бортового обчислювача Δt до відповідних розрахункових алгоритмів інтегрування кінематичних рівнянь пред'являються жорсткі вимоги щодо мінімальної завантаженості обчислювача на такті при точності визначення параметрів орієнтації, достатній для виконання основної технічної задачі, яка покладена на рухомий об'єкт. Відомо, що для простих в обчислювальному плані алгоритмів низького порядку підвищення точності визначення орієнтації може бути досягнуто за рахунок спеціальної організації обчислень, наприклад, за рахунок застосування реверсивної схеми.

Розглянуті дві відомі реверсивні схеми визначення кватерніона орієнтації в БІНС для різних випадків первинної інформації про обертання твердого тіла (квазікоординат і проекцій вектора абсолютної кутової швидкості тіла на зв'язані осі).

На основі застосування еталонної тригонометричної моделі обертання твердого тіла з кватерніоном орієнтації

$$\lambda_0(t) = \cos(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t); \lambda_1(t) = \sin(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t);$$

$$\lambda_2(t) = \sin(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t + \beta); \lambda_3(t) = \sin(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t + \beta)$$

отримані оцінки точності цих реверсивних схем у вигляді похибки дрейфу і похибки норми. Отримано, що реверсивна схема для алгоритма першого порядку має похибку дрейфу меншу, ніж похибка дрейфу для алгоритма першого порядку без реверсії, але гіршу, ніж це має місце у випадку алгоритма другого порядку без реверсії. Показано, що ефективне застосування реверсивної схеми обмежено алгоритмами першого порядку.

Для покращення точності реверсивних схем запропонована нова схема нормування кватерніона орієнтації, яка не впливає на похибку дрейфу і не використовує операцію ділення. Згідно такої схеми обчислений кватерніон орієнтації нормується за формулою:

$$\Lambda_n^{**} = \Lambda_n^* (1,5 - 0,5\Lambda_n^{*2}),$$

де $\Lambda_n^* = (\lambda_0^*, \lambda_1^*, \lambda_2^*, \lambda_3^*)$ – ненормований кватерніон, отриманий на такті $[t_n, t_{n+1}]$, $\Lambda^2 = \lambda_0^{*2} + \lambda_1^{*2} + \lambda_2^{*2} + \lambda_3^{*2}$.

Також відома реверсивна схема вдосконалена шляхом застосування більш точної апроксимації позірних поворотів на такті обчислень.

Наводяться результати чисельних реалізацій реверсивних схем алгоритмів визначення кватерніонів орієнтації на еталонній моделі.

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ НА ТОЧНІСТЬ РОБОТИ АСТРОІНЕРЦІАЛЬНОГО БЛОКУ ПРИ ЗОВНІШНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ

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 астроінерціальний блок (БАІБ), до складу якого входять волоконно-оптичні гіроскопи (ВОГ) середнього класу точності.

В процесі роботи ВОГ виділяють тепло, внаслідок чого блок піддається нерівномірному нагріву і деформується, порушуючи ортогональність осей чутливості. Характер температурного поля, а, отже, і величин неортогональностей, залежить також від температури навколишнього середовища.

Метою даної роботи був розрахунок впливу температурного поля на порушення взаємної ортогональності осей ВОГ.

Рішення задачі передбачало виконання таких етапів:

1. Побудова тривимірної і скінчено-елементної моделей.
2. Розрахунок температурного поля.
3. Розрахунок деформованого стану і визначення порушення кутів між осями ВОГ і базової системи.

Була створена модель БАІБ із спрощеною внутрішньою структурою. Для моделювання теплообміну між складовими БАІБ був прийнятий теплообмін шляхом теплопередачі. Теплообмін з навколишнім середовищем моделюється за законом Ньютона у формі конвекції з верхньої та бічних зовнішніх поверхонь кришки. Зовнішні умови змодельовані у вигляді температури навколишнього середовища, як періодичної функції.

Одержане температурне поле використане для визначення напружено-деформованого стану БАІБ.

Визначені залежності зміни кутів від температури можуть бути використані в математичній моделі БАІБ для програмної компенсації порушення ортогональностей ВОГ. При цьому точність роботи БАІБ зростає без внесення конструктивних змін.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН С ОТВЕРСТИЯМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Ткаченко В.В.

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

В работе предложен метод исследования устойчивости многослойных пластин с учетом неоднородного докритического состояния. Предполагается, что пластина находится под действием периодической нагрузки в срединной плоскости. Математическая постановка выполнена в рамках классической геометрически нелинейной теории пластин, базирующейся на гипотезах Кирхгофа-Лява. Рассмотрены пластины как симметричного, так и антисимметричного строения.

Метод решения [1] базируется на теории R – функций и вариационных методах. Алгоритм решения состоит из нескольких этапов: расчет неоднородного докритического состояния пластины; вычисление критической нагрузки; решение задачи о линейных колебаниях пластины, нагруженной в срединной плоскости; решение нелинейной задачи о колебаниях пластины под действием статической и динамической нагрузки; построение скелетных кривых и областей динамической неустойчивости [2]; определение амплитуд колебаний в зонах параметрического резонанса.

Алгоритм реализован в рамках системы POLE-RL. Программное обеспечение было протестировано на ряде задач и использовано для исследования устойчивости многослойных пластин с прямоугольным отверстием. Изучено влияние расположения отверстия и способов его закрепления. В зависимости от этих параметров, вычислены значения критической нагрузки, построены скелетные кривые и области динамической неустойчивости.

Литература:

1. Курпа Л. В. Применение теории R-функции к решению нелинейных задач динамики многослойных пластин. / Курпа Л. В., Мазур О.С., Шматко Т.В.// Харьков, «НТУ ХПИ» 2016. — 492с.
2. Болотин В. В. Динамическая устойчивость упругих систем / В. В. Болотин – М.: Гостехиздат, 1956. – 500 с.

СИСТЕМА РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОПАСНЫХ СДВИГАХ ВЕТРА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

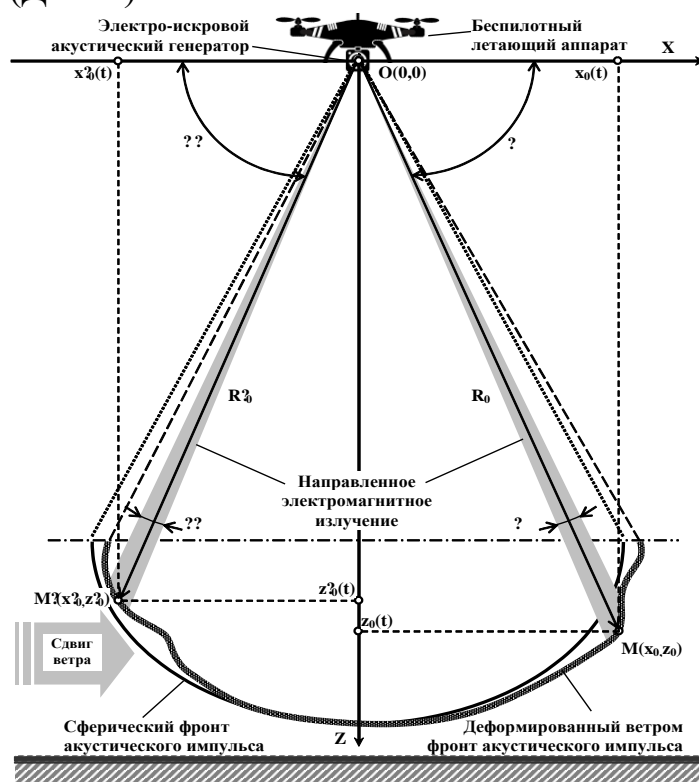
Ульянов Ю.Н., Мисайлов В.Л.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,*

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, г. Харьков

В связи с интенсивно растущим использованием в мире беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в качестве высоко оперативных транспортных средств особую важность приобретает задача обеспечения безопасности полетов. Решение этой задачи требует получения заблаговременной информации о таких весьма опасных атмосферных явлениях, как локальные сдвиги ветра (ЛСД) в приземном слое атмосферы (ПСА).

В докладе рассматривается способ наклонного ветрового радиоакустического зондирования (НРАЗ) [1] и его реализация в авиационном варианте, когда зондирование ведется с борта БПЛА в надир с использованием одиночных коротких акустических импульсов в комплексе со штатным радиолокационным оборудованием контроля скорости и сноса самолета (ДИСС).



По результатам математического моделирования эффекта ветровой деформации исходно сферического акустического волнового фронта в ПСА при зондировании в надир, найдено хорошее соответствие с данными расчета при зондировании в зенит. Включение в модельные расчеты реальных профилей скорости ветра в ПСА и традиционных уровней интенсивности динамической и термической атмосферной турбулентности подтвердило успешность работы предложенной системы раннего предупреждения (СРП) по регистрации опасных для БПЛА ветровых сдвигов (рис.1.).

Рис. 1. Принцип работы

СРП.

Расчеты энергетического потенциала аппаратуры СРП, включающей электроискровой акустический генератор оригинальной конструкции, показали, что он оказывается примерно на 60 дБ меньшим, чем у известных метеорологических радиолокаторов «ясного неба», например, типа МРЛ-1, 2.

Литература:

1. Ulyanov Y.N., Potentialities of the Monostatic Inclined RASS for PBL Temperature and Wind Profiling./ Prokopenko Y.V., Vetrov V. I. // Proc. 9th ISARS. – 1998. – P. 179-182.

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ ТЕРМОПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОДНОСПРЯМОВАНИХ КОМПОЗИТІВ

Федоров В.О.

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

Актуальність проблеми гомогенізації обумовлюється можливістю отримати властивості композитів без трудомістких та коштовних експериментів. Корисними є математичні моделі, які використовують спрощуючі гіпотези та дозволяють отримати зручні розрахункові формули. Особливо цінні такі формули, які дозволяють вказати нижні та верхні границі для точних значень властивостей композиту.

Розв'язується задача знаходження термопружних властивостей односпрямованого композиту тетрагональної будови з прямокутним перерізом волокон на мінімальній представницькій ланці за термопружними властивостями компонентів.

Застосовуються спрощуючі гіпотези [1]: 1) представницька ланка дискретизується чотирма елементами; 2) в кожному елементі напружено-деформований стан вважається однорідним; 3) при однокомпонентному макронапруженому стані нехтується тими напруженнями, які на границях ланки є нульовими. Статичні та кінематичні залежності розділяються на ті, що зв'язують мікронапруження та мікродеформайї з макронапруженнями та макродеформація й ті, що узгоджують мікрохарактеристики поміж собою.

При кожному з віртуальних експериментів на однокомпонентне макронавантаження отримані системи рівнянь, які є несумісними. Відкидання тих чи інших рівнянь узгодження приводить до альтернативних сумісних систем (статично та кінематично узгоджених). Такі системи дозволяють знайти для кожної з ефективних констант пружності відповідні альтернативні значення.

З використанням узагальнених формулювань варіаційних принципів Лагранжа та Кастільяно [2] доведено, що статично узгоджені константи податливості та кінематично узгоджені константи жорсткості є верхніми границями. Також доведено, що для указаних ефективних констант податливості верхніми границями є константи податливості моделі Рейсса, а для ефективних констант жорсткості верхніми границями є константи жорсткості моделі Фойгта.

Порівняння з відомими даними [3] показали ефективність та досить малу похибку розроблених математичних моделей.

Література:

1. Fedorov V.A. Homogenization and boundary estimates of shear stiffness for the composites of the tetragonal structure // Composites Part B. – 2016. – **85**. – С. 8-14.
2. Fedorov V.A. Symmetry in a problem of transverse shear of unidirectional composites // Composites Part B. – 2013. – **56**. – С. 263-269.
3. Aboudi J, Arnold S.M, Bednarczyk B.A. Micromechanics of composite materials. A generalized multiscale analysis approach. Oxford : Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2013.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ОДНОНАПРАВЛЕННОГО КОМПОЗИТА ХАОТИЧНОГО СТРОЕНИЯ

Федоров В.А., Радионова С.В.

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

Из-за сложности проведения экспериментальных исследований композитов ввиду их анизотропии и многовариантности параметров не ослабевает актуальность численных исследований этих материалов.

В данной работе рассматривается двухкомпонентный однонаправленный волокнистый композит хаотического строения. Свойства композита изучаются на образцах прямоугольного сечения, нагруженных равномерными нагрузками, такими как одноосное растяжение в трех направлениях и чистый сдвиг в трех плоскостях.

В результате решения этих краевых задач микромеханики находятся усредненные значения компонентов деформаций $\tilde{\varepsilon}_i^{(k)}$ и вычисляются элементы матрицы макроподатливости $\tilde{S}_{ij}^{(k)}$ k -ого образца.

$$\tilde{S}_{ij}^{(k)} = \tilde{\varepsilon}_i^{(k)} / \tilde{\sigma}_j, \quad (i, j = \overline{1,6}). \quad (1)$$

Для получения достоверных результатов по определению элементов матрицы податливости композитов с одинаковой объемной концентрацией волокон такие расчеты проводятся на достаточно большом количестве образцов со случайной геометрией с последующей статистической обработкой результатов. [1]

Эти образцы случайным образом вырезаются из композита «бесконечных» размеров со случайно распределенными волокнами. Исследование таким образом заданных представительных ячеек позволяет найти математическое ожидание и дисперсии матрицы податливости композита.

Для моделирования композита необходимо обеспечить произвольное задание центров непересекающихся окружностей (волокон), имеющих одинаковый радиус в прямоугольной области. Для этого была написана вспомогательная программа для генерации пар случайных чисел (центры непересекающихся окружностей) и определение координат вершин случайных прямоугольников (поперечное сечение образцов) на языке Maple.

Литература:

1. Ломакин В.А. Статистические задачи механики твердых деформируемых тел. М.: Наука, 1970.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ В ЦИЛІНДРИЧНОМУ РЕШЕТІ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ НАВКОЛО ОСІ

Філіпенко Д.В., Науменко М.М.

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро*

Вступ. Запропонована математична модель взаємодії зернової суміші з барабаном при очищенні зерна.

Матеріали і методи

В літературних джерелах, що стосуються аналізу взаємодії зернової суміші з поверхнею циліндричного решета, в якому вона знаходиться, єдиного підходу до розрахункової схеми «зерновий ворох – барабан» не виявлено. Зокрема зерновий ворох іноді представляється як «псевдозріджене середовище» [1, 2], а іноді як сипучий матеріал [3, 4], для якого математична модель до аналізу його руху створюється на основі дослідження руху окремої частини зернової суміші. Застосування гідродинамічної теорії неможливе для випадків коли псевдорозріджене середовище не виникає, крім того викликають сумніви в точності моделей взаємодії зерна з решетом, в яких зерно навантажується відцентровою силою інерції, яка визначається кутовою швидкістю барабана. В роботі [5] наведено математичну модель руху окремої частинки зернової суміші при її взаємодії з решетом, проте не висвітлене питання, яким чином така модель може бути використаною для аналізу руху зернового вороха.

Результати. В представленій роботі розглянуті варіанти для випадків, коли вісь обертання барабана є горизонтальною та для осі нахиленої до горизонту під деяким кутом

Висновки: Виведені диференціальні рівняння, що описують рух вороха по циліндричному решеті, дозволяють визначати швидкість і час сходу зерна при його очищенні в решеті і можуть бути використаними як при обґрунтуванні геометричних і кінематичних характеристик решета так і при виборі раціонального режиму його роботи.

Література:

1. Харченко С.А. К построению трехмерной гидродинамической модели пузырьковой псевдосжиженной зерновой схеме по структурному виброрешету [Текст] / С.А. Харченко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2014. Вип. 14. Т2. с.80-50
2. Тищенко Л.Н. Гидродинамика сепарирования зерна [Текст] / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанский, С.В.Ольшанский; Харьков: «Місдрук», 2010. – 174с.
3. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / В.Ф.Першин, В.Г.Однолько, С.В. Першина; М.: Машиностр, 2009. – 220 с.
4. Романов, А.А. Моделирование и оптимизация процесса в аппарате многоступенчатой сепарации зернистых материалов по технологи «Мультисег» [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / А.А.Романов. – Тамбов, 2002. – 147 с.
5. Філіпенко Д.В. Рух зернової суміші в циліндричному решеті, що обертається навколо осі відхиленої від горизонтального положення [Текст] / Д.В.Філіпенко, М.М.Науменко // Техніка, енергетика, транспорт АПК №1(91) 2015р. с. 59-61.

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ РІЗУЧОГО ІНДЕНТОРУ (СВЕРДЛА) З КІСТКОВИМ БІОМАТЕРІАЛОМ

Хавін В.Л., Марусенко С.І., Шергін С.Ю.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Свердління кісткового матеріалу застосовується в різних областях хірургії - ортопедії, нейрохірургії, стоматології та ін. Прогнозування та контроль зусиль, що виникають в процесі свердління кісткового матеріалу, відіграє важливу роль для процесу хірургічного втручання, тому що неконтрольовані рівні зусиль можуть викликати неприпустиме тепловиділення в зоні різання, що викликає некроз кісткового біоматеріалу. Значні рівні зусиль можуть викликати макроруйнування кістки і прилеглих м'яких тканин, а також руйнування інструменту (свердла). Внаслідок цього, при розробці ортопедичних імітаційних систем для хірургічних тренажерів і хірургічних роботів важливого значення набувають адекватні моделі для оцінки осьового зусилля і обертаючого моменту.

Основні методи прогнозуючого моделювання зусиль, що виникають під час свердління кісткового матеріалу, - це емпіричний (експериментальний), механістичний (аналітико-експериментальний) і математичний (чисельний).

В роботі розглянуто механістичну модель, яка заснована на питомій роботі (енергії) різання кісткового матеріалу. Для прогнозування зусиль при свердлінні кісткового матеріалу адаптуються моделі механіки свердління металів. Геометрія зони різання описується аналітично, властивості кісткового матеріалу і умови тертя задаються на основі обмеженої кількості каліброваних експериментів для відповідного діапазону умов різання і геометрії свердла. Також окремо моделюються додаткові евакуаційні компоненти осьової сили і обертаючого моменту, що виникають при вході свердла в кістковий матеріал.

В роботі розроблено модифіковану модель осьової сили і обертаючого моменту, яка заснована на підході, запропонованому в роботі [1] і розвиненому в [2] з урахуванням додаткових зусиль, що пов'язані з евакуацією відокремленого кісткового матеріалу назовні із отворів, що засверлюються, а також питомої енергії руйнування кісткового матеріалу.

На прикладі свердління трубчастої кістки проведено тестові розрахунки, які показали хороший збіг з експериментом.

Література:

1. Allotta B., Giacalone G., Rinalde L. A hand-held drilling tool for orthopedic surgery. JEEE/ASME Transactions on Mechatronics.- 1997.- V.2, № 4.- PP. 218-229.
2. MacAvelta T. Force and torque modeling for the drilling of bone for use in orthopaedic haptic simulation systems. Thesis and dissertation. Ryerson University, Toronto, Ontario, Canada, 2012.

МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА

Шаповалова М.И., Водка А.А.

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

В настоящее время для изучения структуры металлов применяют макроскопический анализ (просмотр излома или специально подготовленной поверхности невооруженным глазом), и микроскопический анализ (с применением оптических микроскопов и рентгеновских лучей). Последний дает возможность исследования материала с увеличением в 3000 раз и более. Внутренняя микроструктура металла — неоднородна, состоит из множества кристаллов неправильной формы (зёрен).

В целях повышения качества изделий в современной промышленности наблюдается тенденция роста контроля выпускаемой продукции. Необходимо как можно раньше выявить появление брака и произвести коррекцию технологического процесса, во избежание преждевременных поломок и связанных с этим значительных материальных затрат.

Техническая диагностика металлов осуществляется методами неразрушающего контроля, используя металлографический анализ — интерпретация изображений микроструктур металлов с последующим определением их свойств и количественных характеристик разного рода. Актуальной задачей на этом этапе остается повышение точности распознавания полученных изображений.

На сегодняшний день, благодаря развивающимся информационным технологиям, автоматизация контроля качества, диагностика с точки зрения надежности и усталости, предупреждение аварийных ситуаций, может осуществляться методами нейросетевого определения характеристик материала. Можно выделить следующие преимущества искусственных нейронных сетей (ИНС) среди других методов, такие как: универсальность, возможность решения задачи при неизвестных закономерностях, одновременное решение задачи прогнозирования и классификации, устойчивость к шумам во входных данных, быстроедействие и низкая отказоустойчивость при затруднении извлечения информации.

Качественно составленная ИНС, при соответствующем обучении, дает высокий уровень аппроксимации экспериментальных данных. Это существенно сокращает время получения результата и затраты, связанные с экспериментом. Дает возможность оценить ситуацию при иных условиях без проведения повторных испытаний, опираясь на знания обученной системы.

СТЕНДОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ СТІЙКИ БОРОНИ

Ягудін Д.С., Сімсон Е.А., Автономова Л.В.

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

У сільському господарстві для обробки ґрунту використовується широкий спектр знарядь. Найбільш універсальними та ефективними в останні роки є дискові борони, які зазнають різні за величиною, характером і інтенсивністю зовнішні навантаження. Дискова борона-лушпильник з шириною захвату 2.5м призначена для інтенсивного переміщення ґрунту і рослинної маси на робочій глибині до 12см. Конструкція робочого органу борони представляє собою раму, на яку жорстко кріпляться індивідуальні вигнуті пружинні стійки, на які за допомогою підшипникових вузлів кріпляться ковані диски, що мають криволінійну сферичну форму. За рахунок своєї форми і особливостей взаємодії з середовищем, в якій експлуатується стійка, вона відчуває складне просторове статичне і динамічне навантаження. Внаслідок такого комбінованого навантаження стійка в процесі роботи руйнується через порівняно невеликий час експлуатації. Попереднє моделювання процесу перманентного динамічного навантаження стійки, при якому настає руйнування в результаті накопичення пошкоджень за рахунок втомленості з подальшим квазістатичним руйнуванням, дозволило визначити її оптимальні геометричні характеристики з метою збільшення її довговічності. Для перевірки адекватності математичної моделі було спроектовано випробувальний стенд, який дозволяє моделювати експлуатаційні режими навантаження і визначати ресурс стійки. При проектуванні стенду основним завданням було коректне моделювання бічного переміщення диска. Для цього було вирішено задачу по визначенню кутів нахилу вібростола для випробувань індивідуальних пружинних стійок дискових борін на опір втомленості. Задача вирішувалася шляхом оптимізації по двом вхідним варійованим параметрам з накладеними на них обмеженнями. Цільовими функціями були залежності переміщень щодо координат X і Y , на які також накладалися обмеження, виходячи з вимог відповідності реальній поведінці стійки в експлуатації. З цією метою в програмному комплексі було побудовано тривимірну скінченно-елементну модель столу зі стійкою і диском і реалізовано метод лінійної оптимізації. В ході рішення було отримано кути нахилу вібростола щодо координат X і Y , які дозволяють не оснащувати випробувальний стенд гамма-відсотковою наработкою на руйнування додатковими приводами бічних зсувів, що істотно дозволить знизити його вартість, зберігаючи при цьому можливість максимально коректно моделювати природну поведінку стійки в процесі експлуатації.

ВЕЛИЧИНА УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСТНОЙ ТКАНИ С НИЗКИМИ СКОРОСТЯМИ РЕЗАНИЯ

Якименко Р.О.¹, Хавин В.Л.², Лавриненко И.С.², Мамалис А.Г.³

¹ *Университетский стоматологический центр*

Харьковский Национальный Медицинский Университет, г. Харьков

² *Национальный технический университет*

«Харьковский политехнический институт»,

³ *Project Center for Nanotechnology and Advanced Engineering,
NCSR “Demokritos”, Greece*

Величина удельной работы резания u_1 и u_2 для костного материала зависит от скорости осевой подачи и для низких скоростей вращения инструмента ($n \leq 120$ об/мин) практически не зависит от этой скорости, что в соответствии с результатами [1] позволяет использовать эмпирические выражения для расчета удельных работ резания:

$$u_i = D_i^* f^{n_i}, \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

где D_i^{k*}, n_i - экспериментальные константы, индекс «1» соответствует наружной оболочке кости, «2» – сердцевине кости.

Дополнительно к осевой силе резания $F_1(\tau)$ вследствие внедрения вершины сверла в обрабатываемый материал возникает контактное осевое усилие $F_2(\tau)$, которое в первом приближении может быть определено через твердость обрабатываемого материала:

$$F_2(\tau) = m_i \frac{\pi d_0^2}{4} H_{Bi}, \quad (2)$$

где H_{Bi}, m_i – соответственно твердость и константа костного материала ($m_i = 0,1-0,2$), индекс $i=1$ соответствует наружной оболочке кости, $i=2$ – сердцевине кости.

Тогда:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_2(\tau) = m_1 \frac{\pi d_0^2}{4} H_{B1}, \quad 0 \leq \tau < \frac{S_1}{a_0}, \\ F_2(\tau) = m_2 \frac{\pi d_0^2}{4} H_{B2}, \quad \frac{S_1}{a_0} \leq \tau < \frac{S_1 + S_2}{a_0}, \\ F_2(\tau) = m_1 \frac{\pi d_0^2}{4} H_{B1}, \quad \frac{S_1 + S_2}{a_0} \leq \tau < \frac{2S_1 + S_2}{a_0}, \end{array} \right. \quad (3)$$

где d_0 – диаметр пятна контакта передней части инструмента с обрабатываемым материалом оболочки или сердцевины кости соответственно, S_1 – толщина наружной оболочки, S_2 – толщина сердцевины кости, a_0 – скорость осевой подачи, мм/с.

Литература:

1. Tsai M.D. Bone drilling interaction for orthopedic surgical simulator / Tsai M.D., Hsieh M.S., Htsai C. // Computers in Biology and Medicine, 2007. – V. 37. – PP. 1709–1718.

СЕКЦІЯ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ ЗА ІЄРАРХІЧНОЮ МОДЕЛЛЮ

¹Андренко П.М., ¹Клітної В.В., ²Свинаренко М.С.

¹Національний технічний університет

**«Харківський політехнічний інститут», ²Харківський національний
університет будівництва та архітектури, м. Харків**

Застосування технічного діагностування є необхідною умовою переходу на прогресивні методи технічного обслуговування та ремонту гідравлічних приводів за технічним станом. При описі та дослідженні складних технічних систем ефективно застосовувати ієрархічний підхід який передбачає розбиття системи на вертикальні супідрядні підсистеми різних рівнів, розробку модульних моделей кожної з підсистем, введення пріоритетів для підсистем старших рівнів по відношенню до підсистем молодших рівнів, певну автономність кожної з підсистем. Оскільки кожна з підсистем можна в свою чергу розбити на нові підсистеми, внаслідок чого отримуємо багаторівневу ієрархічну систему моделей. За розробленою ієрархічною моделлю розробляють структуру системи перевірки технічного стану гідравлічного привода. Нижчий рівень становлять перевірки окремих агрегатів і елементів, результати яких на більш високому рівні дозволяють оцінити стан функціональних підсистем. Причому оцінювання стану гідравлічного привода проводять як в усталеному так і в перехідному режимі. За відомими залежностями визначають достовірність контролю.

У доповіді розглядається система діагностування електрогідравлічного мехатронного модуля руху який містить: підсистему живлення; підсистему керування – гідророзподільник з пропорційним електричним керуванням з нульовим перекриттям встановленим у першому каскаді безпосередньо біля виконавчого механізму та електричний блок керування; виконавчу підсистему – гідравлічний циліндр з датчиком переміщень. Розроблена ієрархічна модель цього модуля руху, яка отримана шляхом декомпозиції за морфологічним принципом та дозволяє встановити внутрішні і міжрівневі зв'язки гідравлічних та електричних елементів на основі базових параметрів, які є визначними для даних зв'язків. За розробленою ієрархічною моделлю електрогідравлічного мехатронного модуля руху запропоновано структуру системи перевірки його технічного стану. Визначені місця встановлення датчиків що забезпечують задану повноту контролю та глибину пошуку відмови. Розроблена методика для розрахунку достовірності контролю.

Вперше запропоновано для технічного діагностування гідравлічного привода використовувати його ієрархічну модель, застосування якої дозволяє швидко визначити місце встановлення датчиків які забезпечать бажану повноту контролю і глибину пошуку відмов, та при визначених параметрах засобів контролю та відповідному методичному забезпеченні розрахувати достовірність контролю.

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО КОМПОЗИТА ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИМПЛАНТАТА ПОЗВОНКА

Белый Е.Г.^{1*}, Гаращенко Я.Н.², Крыжный Г.К.³, Попов А.И.⁴

^{1,2,3}*Национальный технический университет*

«Харьковский политехнический институт»

⁴*Институт патологии позвоночника и суставов имени профессора М.И.Ситенко АМН Украины, г. Харьков*

Современное ортопедическое протезирование характеризуется совокупностью высоких требований к техническому уровню изготовления имплантатов, а также к изготовлению имплантатов из биологически совместимых материалов.

Создание имплантата из углерод-углеродного композита, для замены позвонков грудного отдела позвоночника и создание математических моделей эндопротезов позвонков динамической системы, с использованием новых видов биоматериалов.

Использование углерод-углеродного композита в качестве основного материала для имплантата позвонка грудного отдела человека открывает новые возможности в ортопедии. Сложность внедрения вызвана особенностью данного материала - трудность его обработки, из-за высокой твердости и прочности.

Имплантат в процессе жизни человека станет его частью тела, т.к. тело имеет способность, а именно костная ткань создавать костный шар вокруг имплантата, что увеличит со временем жесткость и прочность конструкции системы "позвонок-имплантат-позвонок".

- Использование в данной работе программных комплексов Powershape, Ansys, FreeCad, Solidthinking и др. позволило решить весь комплекс конструктивных задач.

- Преимущества углерод-углеродного композита перед традиционными методами обработки.

- Разработка математической модели силового воздействия на позвоночник, позволяющая разработать оптимальную конструкцию имплантата.

- Разработка метода проектирования имплантата из углерод-углеродного композита.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЭК

Боков В.В., Габдинова О.В., Коваленко В.А.

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

Технологическое подъемно-транспортное оборудование практически на всех предприятиях топливно-энергетического комплекса отработало нормативный срок службы, а необоснованные технические решения и неквалифицированный ремонт делают невозможным дальнейшую безопасную эксплуатацию и требуют серьезных финансовых затрат [1], вплоть до демонтажа крана, рис.1 и 2.



Рис.1и 2 Результаты неквалифицированного ремонта околобуксовых зон мостового крана

Решение проблемы восстановления проектных параметров кранов мостового типа, обеспечивающих технологические процессы на предприятиях топливно-энергетического комплекса, имеет свои особенности, связанные, в первую очередь, с невозможностью вывода из эксплуатации на длительный срок. Решение указанной проблемы усложняется двумя факторами, первый, оборудование находится за пределами нормативного срока эксплуатации, второй, все мероприятия необходимо проводить в условиях действующего производства. Кроме того, при разработке мероприятий необходимо учитывать специфику работы элементов системы «ходовое колесо - крановый рельс» с учетом конструктивных особенностей подкрановых балок, опорных конструкций и условий крепления рельсов к подкрановым балкам.

Накопленный практический опыт позволил реализовать проекты, связанные с восстановлением проектных параметров кранов ТЭК, в частности козлового крана, обслуживающего дымососное отделение, рис. 3

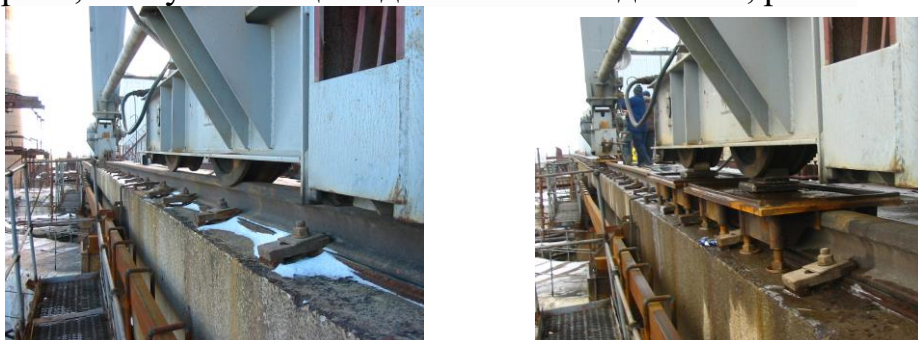


Рис. 3 Определение фактического угла установки ходовых колес

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О МЕТОДАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЯТИОСЕВОЙ ОБРАБОТКИ

Бондарь И.В., Криворучко Д.В.

Сумский государственный университет, г. Сумы

В современных условиях высокой конкуренции вопросы повышения качества производимой продукции и сокращения сроков изготовления актуальны во всех отраслях машиностроения. Применение на производстве пятиосевых обрабатывающих центров – это действенный метод в решении данных задач. Пятиосевая обработка является важной тенденцией развития современной станкостроительной промышленности.

Пятиосевые обрабатывающие центры все более широко применяются на предприятиях, это приводит к росту заинтересованности к возможностям многоосевой обработки, а также способам повышения ее эффективности. Целью настоящей работы является выявление основных тенденций в развитии пятиосевой обработки.

Путем анализа и обобщения материалов из каталогов производителей систематизирована информация о разделении пятиосевых машин на виды и конкретные конфигурации. Одним из вариантов их классификации является разделение на позиционные машины и машины непрерывной обработки.

В зависимости от расположения шпинделя пятиосевые обрабатывающие центры подразделяются на горизонтальные и вертикальные. Конкретная конфигурация зависит от того, какие две из трех осей вращения используются. Каждый из видов и конкретных конфигураций имеет свои плюсы и минусы, свою область применения.

Для комплексного рассмотрения основных тенденций в развитии пятиосевой обработки важен обзор таких ее аспектов, как преимущества, особенности и недостатки, а также методы повышения эффективности обработки с помощью пятиосевых машин.

Из анализа современных методов повышения эффективности пятиосевой обработки сделан вывод, что проведение вручную оптимизации процесса производимой детали – затратный процесс, который отнимает много времени. Из-за этого, как правило, оптимизация на мелкосерийных, а тем более единичных производствах не выполняется, так как время и затраты на нее окажутся выше выгоды от повышения эффективности обработки. Целесообразным представляется проведение исследований в области повышения эффективности одного типа деталей, как теоретических, так и практических. Выработанный алгоритм в дальнейшем послужит схемой для дальнейшей оптимизации других типов деталей в будущем. Проведенные в данной области работы принесут положительный эффект на производстве, так как сократят время, затраченное на ручную оптимизацию.

О РАСЧЁТЕ СЕПАРАТОРА РОЛИКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

Гайдамака А.В., Наумов А.И.

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

Современный расчёт роликовых подшипников тяжёлых режимов эксплуатации, например, в опорах колёсных пар подвижного состава рельсового транспорта осуществляется лишь по критерию сопротивления контактно-усталостным повреждениям поверхностей качения колец и роликов. Однако, опыт эксплуатации, например, цилиндрических роликоподшипников колёсных пар вагонов показывает, что выход их из строя происходит не только по контактно-усталостным повреждениям, но и вследствие усталостных разрушений и износа сепараторов. Вместе с тем до сих пор в практике проектирования сепараторов используют численные методы расчёта, основанные на дорогостоящих экспериментальных исследованиях, не позволяющих в полной мере оценить силы взаимодействия деталей подшипника. Поэтому, назрела необходимость в разработке аналитического метода расчёта сепаратора роликовых подшипников.

Аналитический метод расчёта сепаратора разработан на основе моделей статики, кинематики и динамики деталей подшипников, которые необходимы для построения расчетной схемы нагружения его конструкции.

Усовершенствованные модели статики подшипников позволили впервые выявить касательные силы на дорожках качения колец в зоне радиального нагружения и получить аналитическое распределение по телам качения без использования экспериментов. Разработанная модель кинематики деталей с учётом конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов позволила предложить механизм передачи движения от роликов к сепаратору. Разработанные модели динамики качения роликов в зоне радиального нагружения подшипника позволили определить силы взаимодействия сепаратора с деталями с учётом условий эксплуатации.

Аналитический расчёт сепараторов при циклически переменных нагрузках выполняется в форме допускаемых напряжений методом сил с использованием расчётных коэффициентов нагрузки, учитывающих динамичность внешнего нагружения, динамичность нагружения сепаратора роликами, перекос сепаратора, концентрацию напряжений.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ДАВЛЕНИЯ КОНСОЛИДАЦИИ ПРИ ИСКРОВО-ПЛАЗМЕННОМ СПЕКАНИИ НАНОПОРОШКОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Геворкян Э.С.¹, Гуцаленко Ю.Г.²

¹Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, ²Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Рассматривается проблема физико-математического прогнозирования оптимального давления (P_{opt}) в процессах искрово-плазменного спекания нанопорошков диоксида циркония. Определены физические аспекты этой проблемы и представлен подход к расчету давлений в цикле прессования на стадии подготовки и экспериментальной разработки производства. Расчет основан на использовании закона Пашена применительно к рассматриваемой модели искрово-плазменной консолидации нанопорошков под давлением. Результаты расчета сопоставлены с практическим опытом энергосберегающего скоростного искрово-плазменного спекания тонкодисперсной высокоплотной керамики из нанопорошка ($Zr_{0,94}Y_{0,06}O_{1,88}$).

Согласно используемой гипотезе об оптимизации давления в цикле консолидации и спекания нанопорошков по методу ИПС

$$P_{opt} = k \cdot (P \cdot h)_{opt} / h, \quad (1)$$

где $(P \cdot h)_{opt}$ – характеристика минимума потенциала зажигания разряда в газе, Па·м; h – размерная характеристика нанопорошка, эквивалентная ожиданию наибольшей поры как наибольшего разрядного промежутка (диаметр зерна в сферической модели), м; k – поправочный коэффициент (в общем случае $0 < k < 1$); в рассмотрении в первом приближении среды как чисто воздушной и притом сухой $(P \cdot h)_{opt} = 0,8$ Па·м и $k = 1$.

Путем просвечивающей электронной микроскопии установлено, что используемый порошок $ZrO_2(Y)$ состоит из частиц близкой к сферической формы со средним размером $\sim 3-15$ нм, образующих слабосвязанные агломераты со средним размером $\sim 100-500$ нм. Перед предшествующим компактированию и спеканию помолом в шаровой мельнице исходный порошок $ZrO_2(Y)$ имел подобные размерные характеристики, соответственно 5-10 нм и 100-200 нм. Помолом в шаровой мельнице основная фракция порошка была приведена к размерности от 1,5 нм до примерно 50 нм.

Из (1) следует, что основной мишенью в подавлении пористости ($P_{opt} = 30$ МПа) следует рассматривать нанополости со средним размером 25-30 нм, что точно соответствует модальной области нормально распределенных размеров зерен исходного порошка.

Учитывая вышеизложенное, конкурентоспособный результат спекания, полученный при давлении 30 МПа со временем выдержки 5 мин. при максимальной температуре 1200 °С, соответствует рассмотренному представлению о механизме электрофизических процессов подавления пористости в массиве спекаемого консолидата и выполненному по (1) расчету.

ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ ПРИ S-ПОДІБНОМУ ЗАКОНІ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЬОВАНИМ ГІДРОПРИВОДОМ

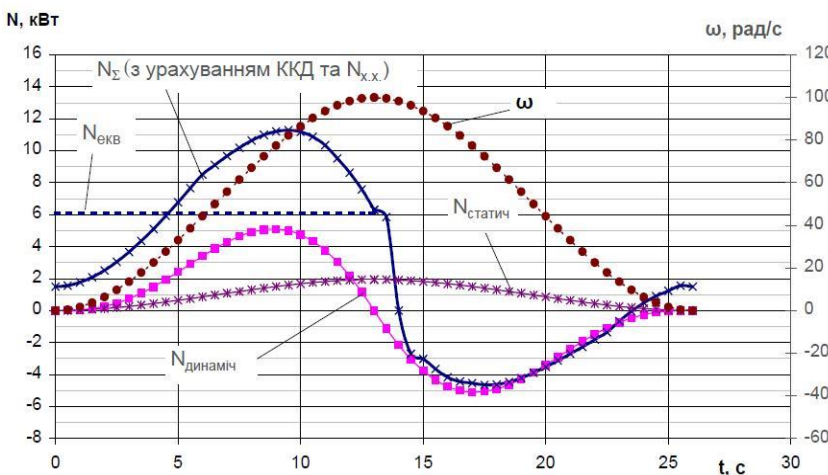
Григоров О.В., Аніщенко Г.О, Зюбанова Д.М.,
Турчин О. В., Цебренко М. В.

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

На кафедрі ПТМіО створений стенд імітації механізму пересування мостового крана вантажопідйомністю 30/5т. Стенд має наступні характеристики: момент інерції, приведений до ротора гідромотора $I = 6,7 \text{ кгм}^2$, статичний момент опору пересуванню на валу гідромотора $M_{\text{статич}} = 20 \text{ Нм}$, потужність холостого ходу електродвигуна АТ-62-4 $N_{\text{х.х}} = 1,5 \text{ кВт}$.

Раніше проводилися дослідження з вивчення параболічних законів керування приводами при ККД системи $\eta = 1$ і $M_{\text{статич}} = 0$ безвідносно до типу привода. У дійсному дослідженні ми прийняли $M_{\text{статич}} \neq 0$, а також урахували залежність ККД від навантаження й продуктивності відповідно до результатів стендових досліджень.

Була створена система керування, здатна реалізувати 3 закони керування швидкістю гідромотора: лінійний (рівноприскорений), параболічний і S-подібний. Нижче приведені графіки сумарної потужності на валу приводного електродвигуна N_{Σ} , її складових і кутової швидкості обертання вала гідромотора у функції від часу для S-подібного закону (див. рис. 1). Розрахунки показують, що при S-подібному законі ККД рекуперації системи досягає 0,3. Для інших законів ККД рекуперації менше. Також для S-подібного закону має місце найбільша еквівалентна потужність $N_{\text{екв}} = 6,11 \text{ кВт}$.



$$\eta_{\text{рекуперації}} = \frac{A_{\text{рекуперації}}}{A_{\text{витрачена}}} =$$

$$= \frac{\int_0^{t_u} N_{\text{зальм}} dt}{\int_0^{t_u} N_{\text{сум}} dt} = 0,3$$

$$N_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\int_0^{t_u} N^2 dt}{t_u}} = 6,11 \text{ кВт}$$

Рис. 1 Графік залежностей потужності й швидкості від часу для S-подібного закону керування швидкістю гідромотора.

ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПАРАБОЛІЧНОМУ ЗАКОНІ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЬОВАНИМ ГІДРОПРИВОДОМ

Григоров О.В., Аніщенко Г.О., Зюбанова Д.М.,

Турчин О. В., Цебренко М. В.

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

На кафедрі ПТМіО створений стенд імітації механізму пересування мостового крана вантажопідйомністю 30/5т. Стенд має наступні характеристики: момент інерції, приведений до ротора гідромотора $I = 6,7 \text{ кгм}^2$, статичний момент опору пересуванню на валу гідромотора $M_{\text{статич}} = 20 \text{ Нм}$, потужність холостого ходу електродвигуна АТ-62-4 $N_{\text{х.х}} = 1,5 \text{ кВт}$.

Раніше проводилися дослідження з вивчення параболічних законів керування приводами при ККД системи $\eta = 1$ і $M_{\text{статич}} = 0$ безвідносно до типу привода. У дійсному дослідженні ми прийняли $M_{\text{статич}} \neq 0$, а також урахували залежність ККД від навантаження й продуктивності відповідно до результатів стендових досліджень.

Була створена система керування, здатна реалізувати 3 закони керування швидкістю гідромотора: лінійний (рівноприскорений), параболічний і S-подібний. Нижче приведені графіки сумарної потужності на валу приводного електродвигуна N_{Σ} , її складових і кутової швидкості обертання вала гідромотора у функції від часу для рівноприскореного (див. рис. 1а) та параболічного (див. рис. 1б) законів. Розрахунки показують, що при параболічному законі ККД рекуперації системи більший, ніж у випадку рівноприскореного руху:

$$\eta_{\text{рекуперації параболіч}} = 0,16 > \eta_{\text{рекуперації рівноприскор}} = 0,02.$$

Також при параболічному законі має місце менша еквівалентна потужність:

$$N_{\text{екв параб}} = 4,89 \text{ кВт} < N_{\text{екв рівноприскор}} = 5,45 \text{ кВт}.$$

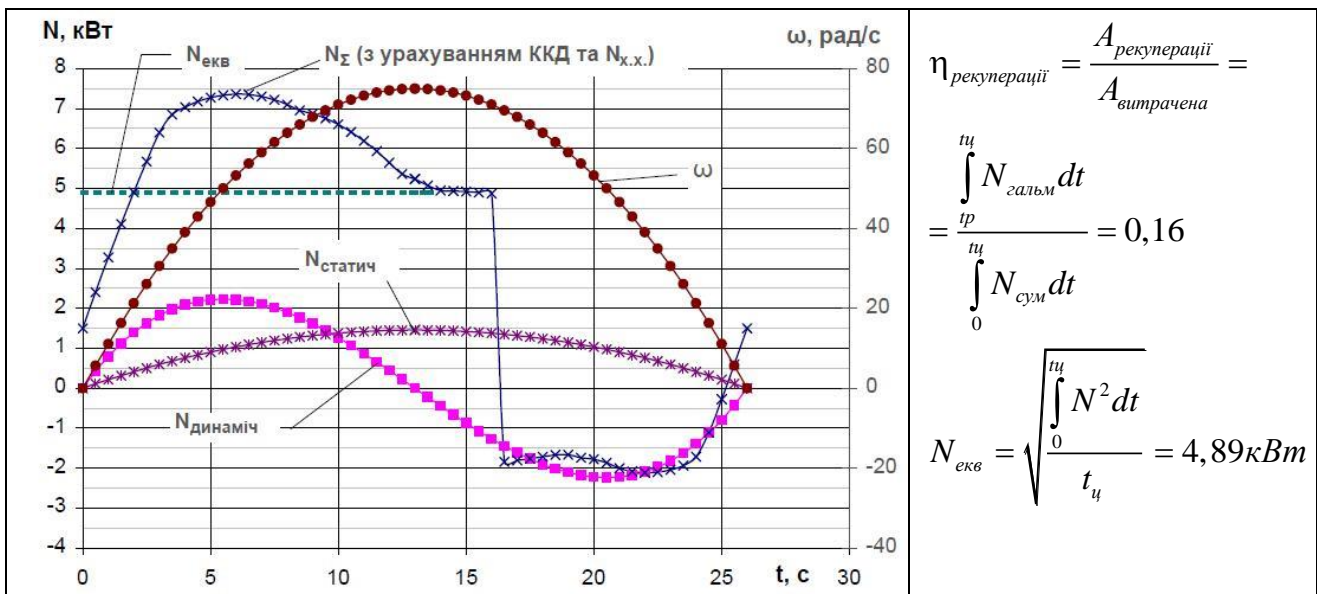


Рис. 1 Графік залежностей потужності й швидкості від часу для параболічного закону керування швидкістю гідромотора.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ МОСТОВОГО КРАНА

Григоров О.В., Губский С.А., Турчин О.В.
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе рассматриваются особенности экспериментального исследования движения модели мостового крана с перекосом. Исследование производится на специальном стенде. Объектом исследований является модель мостового крана/ Перед началом очередной серии испытаний изменялась геометрия рельсового пути и установочные углы перекоса колес. Далее производилось многократное перемещение модели в обоих направлениях с поочередным изменением величины и положения в пролете подвешиваемого груза; места приложения тягового усилия; величин дополнительного перекашивающего усилия и дополнительного бокового усилия.

Мы считаем важным измерение всех основных параметров, влияющих на движение крана, поскольку исключение из рассмотрения любого из них приводит к существенному искажению общей картины. Поэтому отдельный цикл испытаний был проведен с целью определения фрикционных параметров обечайки и реборды колеса во взаимодействии с рельсом.

Характеристики упругого и неупругого скольжения измерялись при небольших многократных перемещениях вперед и назад в нагруженном состоянии. Нагрузки создавались с использованием ряда грузов, соединяемых с моделью непосредственно или через отклоняющие блоки. Поперечное упругое скольжение оценивалось по результирующему боковому смещению, а силы, действующие в продольном и поперечном направлении, измерялись тензодатчиками. Пример полученных в ходе эксперимента данных представлен на рис. 1.

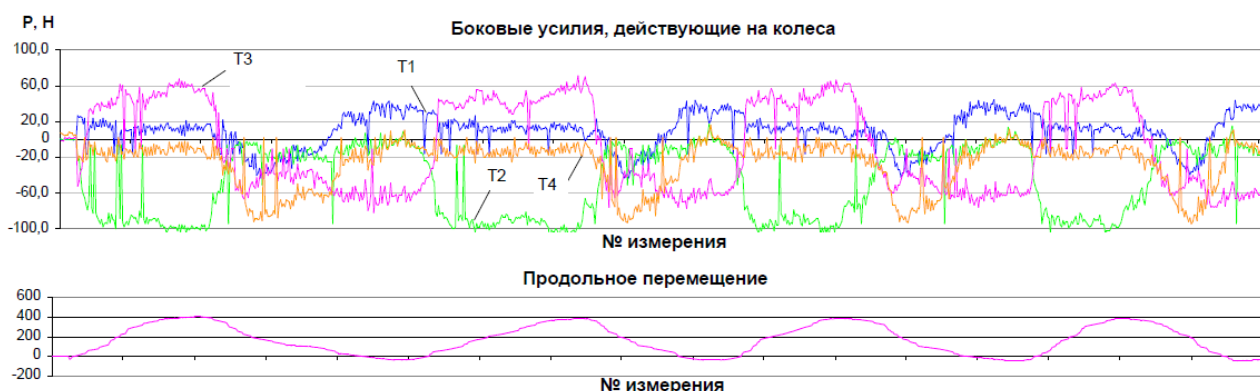


Рис. 1 Показания датчиков боковых усилий (T1, T2, T3, T4) и датчика продольного перемещения во время одной из серий испытаний

ДО ПИТАННЯ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ В РЕГУЛЬОВАНОГО ОБ'ЄМНОМУ ГІДРОСТАТИЧНОМУ ПРИВОДІ

Григоров О.В., Долбін Є.О.

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

На даний час перед фахівцями підйомно-транспортної техніки поставлено завдання економії енергії. Одним з рішень цієї проблеми є перехід з електромеханічного привода на регульований об'ємно гідростатичний.

Порівняльний аналіз, виконаний за результатами промислових випробувань механізмів пересування мостових кранів вантажопідйомністю 32т і стендових випробувань показує, що чим вище завантаження приводів крутним моментом, тим більший енергетичний ефект дає використання гідроприводу. Отже, при розгоні гідропривід має значно менші енергетичні витрати, ніж електромеханічний привод.

При гальмуванні в широкому діапазоні швидкостей і навантажень спостерігається рекуперація енергії в мережу приводним двигуном. Гальмування електромеханічного привода здійснюється за допомогою механічних гальм (приводний двигун енергію з мережі не споживає) або проти включенням (споживається значна кількість енергії з мережі). Отже, при гальмуванні гідропривід має незаперечну перевагу щодо енергетичних витрат.

Тепловий режим приводного електродвигуна гідроприводу менш напружений, що дозволяє понизити потужність електродвигунів при однаковому часі пуско-гальмівних режимів. В експерименті зафіксована можливість переходу з 37 до 32 кВт.

Найбільша перевага щодо витрат енергії можлива в разі експлуатації регульованого гідроприводу при великій тривалості включення механізму в постійних перехідних режимах при широкому використанні установочних швидкостей і незначному часі у сталих режимах на номінальній швидкості. Такі режими роботи є вкрай важкими для звичайних електромеханічних приводів і легко реалізуються на регульованих гідростатичних приводах.

Література:

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

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПЕРЕКОСІВ У КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ

Григоров О.В., Обізний А.І., Короткий К.К.

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

Однією з основних проблем, що виникають при експлуатації будь-яких мостових кранів, є перекоє ферми моста щодо підкранових колій. Перекоє порушує нормальну експлуатацію крана й часто призводить до небажаних наслідків. Дане явище має складну природу, виникає як результат пов'язаних між собою процесів та впливає на перерозподіл навантажень, що діють на конструкцію й механізми крана.

Причини перекоє коліє вивчають вже не одне десятиліття і завдяки працям вітчизняних та закордонних вчених в цій області, запропоновані такі рішення:

- встановлення неприводних конічних коліє, сполучених синхронізуючим валом;
- застосування методу «холодного монтажу» кінцевих балок – повне складання і зварка балки, після чого посадочні місця зі шпонками, на які встановлюються своїми пазами колієні букси обробляються із застосуванням механічної обробки з високою точністю на верстаті;
- застосування направляючих роликів замість реборд;
- встановлення гнучкої (шарнірної) опори по одній стороні крана (шарнірне з'єднання);
- розробка нових конструкцій вузлів ходової частини кранів;
- застосування лазерних пристроїв при прокладанні підкранових рейок та при виготовленні кранів для збільшення точності;
- оптимальне керування кранів для зменшення динамічного навантаження та гасіння коливань вантажу та ін.

Існує багато досить ефективних методів зниження перекоє кранів, але кожен з них має певні проблеми в конструкції чи застосуванні. Саме тому на сьогоднішній день ця проблема не є повністю вирішеною.

Використання більш досконалих пристроїв спрямованих на зниження перекоє коліє дозволить значно зменшити низку витрат:

- 1) виробничі витрати;
- 2) витрати на технічний догляд і обслуговування крана;
- 3) витрати, зв'язані з простоєм крана.

ОЦІНКА СПІВВІДНОШЕННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ГІДРАВЛІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ

Григоров О.В., Стрижак В.В.

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

Актуальність раціонального вибору приводів підтверджується великою кількістю публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми, і пов'язана з широкими можливостями і різноманітністю сучасних приводних систем. Для обґрунтування доцільності застосування конкретного типу приводу використовують такі критерії: механічні характеристики, характеристики перехідних процесів, обмеження коливань кранових електромеханічних систем, кількість споживаної електроенергії, надійність і вартість приводу. Крім цього, для вантажопідйомної техніки необхідно враховувати особливості робочого циклу механізму: групу режиму роботи і період включення.

Багато робіт присвячено дослідженню ефективності застосування частотно-регульованого і тиристорного приводів в порівнянні з асинхронним двигуном з фазним ротором. Дані типи електроприводів отримали останнім часом широке поширення в вантажопідйомній техніці завдяки їх економічності і швидкій окупності. При цьому практично не висвітленим залишається питання оцінки ефективності застосування гідравлічного приводу кранових механізмів у порівнянні з традиційним приводом на основі асинхронного двигуна з фазним ротором.

У проведених дослідженнях обґрунтована можливість зменшення потужності приводного електродвигуна гідроприводу кранових механізмів у порівнянні з випадком застосування для тих же механізмів традиційного для кранових приводів асинхронного двигуна з фазним ротором. Порівняльний аналіз характеру споживання енергії гідроприводу кранових механізмів і традиційного приводу на основі електродвигуна з фазним ротором виконаний за результатами експериментальних досліджень на лабораторному стенді кафедри Підйомно-транспортних машин, що імітує роботу механізму пересування крана з гідроприводом. Запропоновано оцінювати ефективність застосування гідроприводу за допомогою методу еквівалентної потужності, який дозволяє врахувати режим роботи кранового механізму.

В ході досліджень вирішено ряд завдань: проведено аналіз характеру споживання енергії об'ємним гідроприводом і асинхронним двигуном з фазним ротором, визначені закономірності розрахунку еквівалентних потужностей для обох типів приводів і їх співвідношення, встановлені залежності зміни співвідношення еквівалентних і встановлених потужностей, для двох типів приводів від групи режиму роботи механізму крана за різної інтенсивності протікання пуско-гальмівних процесів і різної швидкості усталеного руху. Результати досліджень визначають доцільну область застосування приводів з точки зору отримання максимальних переваг по еквівалентній і встановленій потужності.

ВДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТНОЇ БАЗИ ТЕНЗОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ КРАНОВИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Губський С.О., Радченко В.С.

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

З розвитком мікропроцесорної техніки в останні два десятиліття набули широкого використання такі методи неруйнівного контролю, як магнітно-коерцитивний, акустико-емісійний, магнітної пам'яті металу. Також отримали суттєве удосконалення і інші методи контролю, наприклад, ультразвуковий метод контролю, визначення хімічного складу контрольованого металу та його металографія. Більшість удосконалень полягає в тому, що первинну обробку вимірних даних, їх зберігання проводить, не оператор, як раніше, а комп'ютер (мікропроцесорна техніка). Це значно спрощує кінцеву інтерпретацію отриманих результатів оператору, що проводив неруйнівний контроль.

Сучасна апаратна база для проведення тензометричного контролю кранових металоконструкцій має дротову лінію зв'язку тензодатчиків із тензометричною станцією. Максимальна відстань розміщення тензодатчиків від станції – приблизно до 70 метрів, при цьому, як правило, використовують трьохдротову лінію зв'язку. Все це суттєво зменшує мобільність та швидкість проведення тензометричного контролю кранових металоконструкцій.

Використання бездротових тензодатчиків має дві основні проблеми, що пов'язані з їх порівняно великою вартістю та впливом промислових перешкод (наприклад, від частотного приводу крана) на радіо сигнал, навіть якщо він цифрової форми [1].

В статті [2] була проведена спроба розробки бюджетної та бездротової лінії зв'язку між тензодатчиками та тензометричною станцією. Але використовується лише 8-розрядний аналогово-цифровий перетворювач.

В публікації [3] розроблена сучасна безпроводна система виміру на основі тензометричного методу контролю. Але в промислових умовах даний прилад не був випробуваний.

Отже, проведення тензометричного контролю потребує одночасного контролю декількох десятків точок на металоконструкції крана на відстанях, які можуть сягати, 30-100 метрів. Використання дротової лінії зв'язку тензодатчиків із тензометричною станцією, в сучасних умовах розвитку мікропроцесорної техніки, не логічне. Необхідне використання бездротових тензодатчиків, а інформацію з них передавати на тензостанцію цифровим шляхом.

Література:

1. Григоров О.В. Особенности экспериментального исследования модели мостового крана / О. В. Григоров, С. А. Губский, О. В. Турчин // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції, 2016 р. : тези доповідей ч. I. – Харків, 2016. – С. 96.
2. Ярусов А. Телеметрическая система для дорожных испытаний автомобильных трансмиссий / А. Ярусов, Т. Тенюшко, Д. Швец // Современные технологии автоматизации. – Москва. - 2008. – №3. – 66-72 с.
3. Ляпин В. Построение измерительных систем на основе беспроводных сенсорных сетей // Беспроводные технологии, - 2010. - №1. – 50-53 с.

ІНСТРУМЕНТИ З ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОЮ ПІДГОТОВКОЮ КОРПУСУ ДЛЯ АЛМАЗНО-ІСКРОВОГО ШЛІФУВАННЯ: ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ТА ДОСЛІДНІ ЗРАЗКИ

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

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

Запропонований ряд технічних рішень алмазно-абразивних інструментів з металевими корпусами та робочою частиною із алмазно-металевих композицій для спрощеної організації АШ на універсальних верстатах без електроізоляційного переділу шпиндельних вузлів завдяки формуванню на корпусах інструментів діелектричних покриттів.

Основою ряд конструкції інструментів з алюмінієвими корпусами з формуванням на них покриттів електричного захисту методом мікродугового оксидування (МДО).

За першим конструктивним варіантом (патент України на корисну модель № 96568) захисне покриття формується на насадковому отворі, що дозволяє уникнути ускладнення складального розмірного ланцюгу у радіальному напрямі, зменшення радіальної жорсткості, значною мірою – погіршення кінематичної і динамічної геометричної точності функціонування технічної системи шпиндельного вузла верстата з встановленим на ньому інструментом.

Недоліком даної конструкції є необхідність використання бічних шайб з неструмопровідного матеріалу, проміжних відносно бічних поверхонь шліфувального круга та упорного фланця його розміщення і прижимного фланця його закріплення у шпиндельному вузлі верстата.

Ці недоліки усуває варіант конструкції з одночасним формуванням захисних покриттів по контактних з шпинделем верстата бічних поверхнях корпусу інструменту (патентується).

Дослідні зразки шліфувальних кругів представлені на рисунку 1.



а



б

а) на спеціальній оправці після локальної МДО;

б) на шпиндельній оправці шліфувального верстату

Рисунок 1 – Експериментальні натурні зразки шліфувальних кругів

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМОЮ ПІДГОТОВКИ ІНСТРУМЕНТУ ТА ЗАГОТОВКИ І ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

Гуцаленко Ю.Г.

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

Використання інтегрованих електророзрядних технологій (ЕРТ) в порошковій металургії і алмазно-абразивній механічній обробці забезпечує високі рівні продуктивності та якості виробництва. Організація енергетично менш ємних умов виникнення електричних розрядів як в придушенні пористості порошкових матеріалів, які консоліднують під тиском з прямим струмовідводом в зону формування по методу іскрово-плазмового спікання (ІПС), так й в оновленні поверхні зв'язки алмазно-металевої композиції робочої частини інструментів з надтвердих абразивів по методу алмазно-іскрового шліфування (АІШ), врахування технологічної спадковості ІПС при визначенні режимів АІШ, особливо в роботі з наноструктурними матеріалами, є важливими для ресурсозбереження у виробництві і функціональності у використанні кінцевих продуктів. Застосування спрощеної організації АІШ на універсальних верстатах без електроізоляційного переділу шпиндельних вузлів завдяки використанню алмазно-абразивних інструментів із сформованими на їх корпусах методом мікродугового оксидування (МДО) діелектричними покриттями розширює коло ЕРТ в системі технологічного забезпечення життєвого циклу виробів з матеріалів високої функціональності на етапах їх виробництва з фінішним застосуванням АІШ.

Схема використання комплексу інтегрованих ЕРТ системою підготовки алмазного інструменту (МДО) та наноструктурної заготовки (ІПС) і проведення процесу обробки (АІШ) на шліфувальному верстаті представлена на рисунку 1.

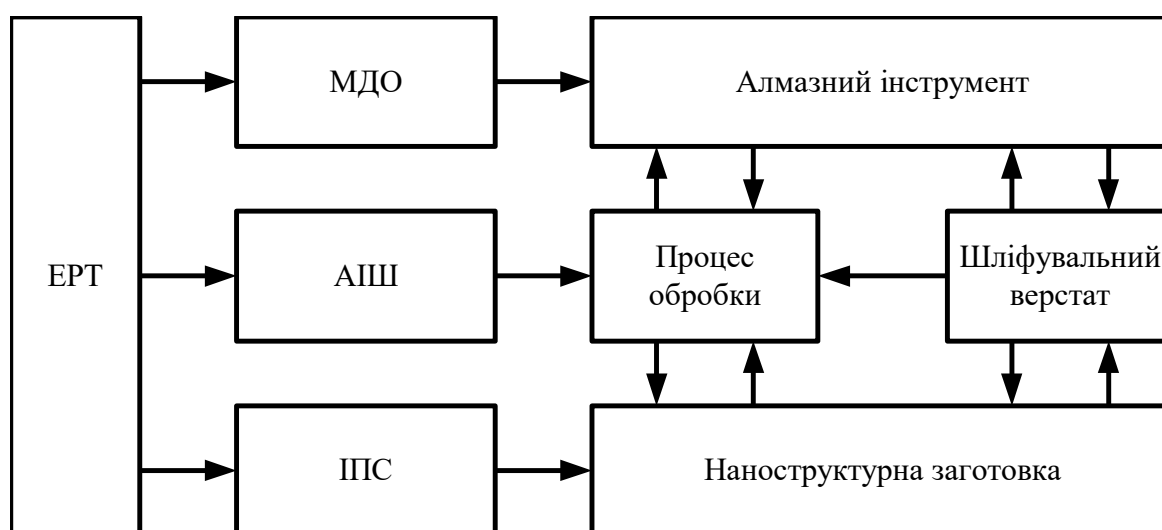


Рисунок 1 – Схема комплексного використання інтегрованих ЕРТ

ЛІЦЕНЗІЙНА УГОДА ПЕРЕХРЕСНОГО ТИПУ ЯК ФІНАНСОВО НЕОБТЯЖЕНА ФОРМА ВЗАЄМОВІГІДНОГО ДІЛОВОГО СПІВРОБІТНИЦТВА І РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙ

Гуцаленко Ю.Г.

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

Перехресний тип ліцензійної угоди передбачає взаємно зацікавлений обмін її сторонами доступом до використання розробок одна одній з відповідною збалансованістю фінансових зобов'язань сторін аж до нульового варіанту за власне доступ, особливо якщо передаються невиняткові (неповні) права на використання, тобто державна реєстрація ліцензії не є обов'язковою.

Зняття фінансового навантаження з ліцензіата, який за процедурою перехресного доступу сторін на використання розробок одна одній також виступає ліцензіаром відносно партнера по угоді в зустрічному дозволі, за котрим цей партнер, водночас з місією ліцензіара щодо дозволу на використання власної розробки, відповідно є ліцензіатом щодо отримання зустрічного дозвільного права, є стимулюючим фактором для прискорення первинного просування розробок на ринок для конкурентного маніфестування серед аналогів в приверненні уваги інших споживачів та інвесторів подальшого розвитку.

Структура і змістовні положення ліцензійної угоди перехресного типу в загальному випадку можуть вибудовуватися подібно угодам з однозначним поділенням функцій ліцензіара і ліцензіата між сторонами, крім спрощення змістовної частини розділу про фінансові зобов'язання сторін, де у випадку взаємно нульового варіанту щодо них сторони фіксують це як рівність фінансових вигод від отримання прав за договором.

В преамбулі визначаються сторони угоди та їх взаємна зацікавленість у партнерстві з визначенням характеру і змісту прав, передання яких одна одній є намірами сторін.

Перший розділ угоди звичайно присвячується визначенню термінів за нею, наприклад «договір», «патент», «продукція за ліцензією» і т. і.

Наступні розділи за рекомендаційною практикою послідовно стосуються предмету договору і правам сторін; зобов'язань і відповідальності; виділеним в окремий розділ фінансовим зобов'язанням; забезпеченню конфіденційності; захисту прав, що передаються; вирішенню суперечок; державної реєстрації та терміну дії договору; іншим умовам.

Досвід маркетингової діяльності за розробки шліфувальних кругів, що виконується за тематичними планами наукової діяльності по кафедрі «Інтегровані технології машинобудування» ім. М. Ф. Семка, свідчить про привабливість пропозиції перехресної ліцензійної угоди з переданням невиняткового права використання патенту на корисну модель в межах території ліцензіата в обмін на консалтинг з технологічного досвіду цього використання з метою сумісного практичного удосконалення розробки.

ТЕНДЕНЦІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МОДУЛІВ ПЛОСКОГО ТОРЦЕВОГО ШЛІФУВАННЯ

Гуцаленко Ю.Г.

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

Останніми роками в науковій школі фізики процесів різання НТУ «ХПІ» виділено такі пріоритетні для поглиблених досліджень та розробок сучасні світові тенденції удосконалення алмазно-абразивних інструментів (ААІ) [1]: по-перше, створення ефективних для продуктивної обробки традиційних важкооброблюваних та інноваційних матеріалів нових композиційно-технологічних рішень системи «надтвердий абразив-зв'язка» робочої частини шліфувального круга для його сталої експлуатації в режимі самозаточування; по-друге, створення ААІ із спеціальною адаптацією конструкції до експлуатації у високопродуктивних комбінованих технологіях з введенням електричної енергії в зону різання та можливістю гнучкого впливу на стан ріжучого рельєфу за рахунок її дозування без струмозахисного переділу відповідального за точність обробки шпindelного вузла верстату; по-третє, реалізація конвенціональних ААІ у складі спеціальних багатомісних інструментальних вузлів, а саме планетарних, з регулюванням кута нахилу поверхні різання та подвійним параметричним регулюванням її швидкості відносно оброблюваної поверхні; по-четверте, з комбінуванням технічних ідеологій за другим та третім трендами; по-п'яте, з комбінуванням технічних ідеологій за першим та третім трендами (перспективний напрям).

Всі ці напрямки удосконалення ААІ стосуються плоского торцевого шліфування, причому розглядаються обидві альтернативи адаптації технічних систем шліфування до експлуатації у високопродуктивних комбінованих технологіях з введенням електричної енергії в зону різання, оскільки деякі підходи до вибіркового електроізоляційних рішень за традиційною модернізацією універсальних верстатів (використання спеціальних діелектричних покриттів) можуть бути перенесені й на вирішення інверсійної задачі локального струмозахисту ААІ без пов'язаного з механічною обробкою модернізаційного втручання у відповідальний за точність шліфування шпindelний вузол верстату.

Третій і четвертий з виділених напрямів розвитку ААІ пов'язані з сумісним з ППМаш НАН України досвідом досліджень та експериментальній практики.

Література:

1. Грабченко, А. Розробка техніко-технологічних рішень і дослідних зразків елементів системи «верстат-оснастка-інструмент» плоского торцевого шліфування важкооброблюваних матеріалів : Звіт про НДР (заключн.) / Нац. техн. ун-т "Харк. політехн. ін-т"; кер. А. Грабченко. — Х., 2016. — 380 с. № держ. реєстрації 0115U000524; інв. № 0217U001289.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Дитиненко С.А.

*Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеця, г. Харьков*

В работе рассмотрены основные условия эффективного применения процессов шлифования в технологии изготовления деталей машин с точки зрения обеспечения высоких показателей шероховатости поверхности. Показано, что это достигается за счет участия в резании большого количества абразивных зерен шлифовального круга и снижения толщин срезов, приходящихся на каждое режущее зерно. Однако, в связи с разновысотным расположением абразивных зерен на рабочей поверхности круга, износом круга и другими технологическими факторами, как показывает практика, фактическое количество зерен, участвующих в процессе резания, значительно меньше номинального, что не позволяет достичь требуемой шероховатости поверхности. Поэтому приходится прибегать к более трудоемким процессам доводки, хонингования и т.д. Исходя из этого, актуальной задачей машиностроения является определение новых технологических возможностей снижения шероховатости поверхности на операциях шлифования. В особой мере это относится к выбору наиболее рациональной кинематической схемы шлифования, обеспечивающей наименьшую шероховатость поверхности для условий, когда требуется достичь высоких показателей шероховатости поверхности, близких к условиям обработки свободным абразивом. В частности, это относится к внутреннему шлифованию деталей гидравлической аппаратуры, где требуется обеспечить шероховатость поверхности на уровне $R_a=0,04$ мкм.

В работе разработана новая математическая модель определения шероховатости поверхности при шлифовании на основе равномерного и вероятностного характера участия зерен круга в резании, что позволило обосновать условия уменьшения шероховатости поверхности. Расчетами установлено, что из всех рассмотренных параметров режима шлифования и характеристик круга наибольшее влияние на шероховатость поверхности оказывает зернистость круга – с ее уменьшением шероховатость поверхности существенно уменьшается. Исходя из этого, предложена методика выбора оптимальной зернистости круга для заданной шероховатости поверхности расчетным путем. Показано, что в первом приближении при расчете оптимальной зернистости круга можно ограничиться рассмотрением равномерного характера участия зерен круга в резании, учитывая вероятность участия зерен круга в резании за счет 2-кратной поправки на установленное значение зернистости круга. Это значительно упрощает решение задачи. Предложенная методика расчета оптимальной зернистости круга согласуется с результатами исследований шероховатости поверхности, выполненными с учетом вероятностного характера участия зерен круга в резании при шлифовании. Даны практические рекомендации по выбору оптимальных параметров режима шлифования и характеристик круга с учетом требований по шероховатости обрабатываемой поверхности.

ДО ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПЕРЕМІННОЮ ЖОРСТКІСТЮ

Добротворський С.С., Басова Є.В., Кононенко С.М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Розвиток машинобудування передбачає зниження матеріаломісткості виробів. Одним з напрямків цієї тенденції є збільшення в загальній номенклатурі виробів деталей машин і вузлів із тонкостінними, нежорсткими елементами. При цьому досягнення конструктивної міцності забезпечується, як правило, за рахунок застосування матеріалів із якісно відмінними характеристиками. Разом з тим, виробництво конкурентоспроможних виробів передбачає застосування ресурсозберігаючих технологій. Одним з напрямків таких технологій є застосування заготовок з малими припусками на обробку. З метою підвищення якості виготовлення відповідальних деталей, машинобудівна галузь все частіше вдається до використання сучасних систем інженерного аналізу. До відповідальним деталей можна віднести турбіни, відцентрові колеса, лопатки, крильчатки. Дані деталі застосовуються в авіа-, двигунобудуванні, вузлах гідро-, пневмоприводів і характеризуються нерівномірною жорсткістю. На сьогоднішній день особливий інтерес представляє реалізація можливості удосконалення технології фрезерування деталей з нерівномірною жорсткістю за рахунок використання сучасних можливостей систем інженерного аналізу. Труднощі обробки деталей з тонкостінними елементами обумовлені змінним значенням жорсткості в кожному перерізі елемента деталі. Як об'єкт дослідження в представленій роботі розглядали лопатки крильчатки. Необхідно відзначити, що досліджуваний об'єкт характеризується не лише нерівномірним перерозподілом, але і малим значенням жорсткості, в цілому. Технологічний процес формоутворення таких поверхонь передбачає використання операцій кінцевого фрезерування. Отже, після контакту фрези з тонкостінним елементом можуть виникнути небажані відхилення в результаті віджимного ефекту тиску фрези на поверхню. Нами досліджені існуючі технології фрезерування нежорстких деталей, такі як високошвидкісне, плунжерне фрезерування. Проаналізовано використання експериментальної установки з метою дослідження віджимають сили фрези, обробка зі змінною корекцією припуску. На підставі створеної моделі деталі, за допомогою CAE системи, методом кінцевих елементів виконаний чисельний експериментальний розрахунок впливу віджимних сил на нежорсткі елементи деталі. Отримані значення дозволяють простежити залежність відхилень форми нежорсткого елемента деталі від спрямованої прикладеного навантаження. Значення визначали в критичних точках, розташованих на кінцях тонкостінного елемента деталі, що в подальшому дає можливість прогнозувати результат обробки. Зроблено висновок, що перспективним методом обробки нежорстких деталей є технологія змінної корекції припуску. Запропоновано послідовність і модернізація даного методу.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РЕЗАНИЯ

Жовтобрюх В.А.

ООО Технический Центр "ВариУс", г. Днепр

Теоретически установлено и практикой подтверждено, что основным условием повышения производительности и качества обработки является применение высокоскоростного резания лезвийными инструментами, обладающими высокой режущей способностью и износостойкостью, способными производить эффективную обработку при повышенных значениях температуры и силы резания. К таким инструментам следует отнести сборные твердосплавные инструменты с износостойкими покрытиями производства компании TaeguTec (Южная Корея), которые за счет применения новых марок твердых сплавов и методов нанесения на них износостойких покрытий позволяют существенно повысить физико-механические свойства инструментальных материалов и соответственно добиться высоких технико-экономических показателей обработки. Применение этих инструментов обеспечивает уменьшение энергоемкости обработки, а, следовательно, возможность асимптотического приближения температуры резания к максимальному значению, равному температуре стружки. В связи с уменьшением энергоемкости обработки температура резания может принимать относительно небольшие значения, что позволяет реализовать режим высокоскоростного резания, а соответственно повысить производительность и качество обработки. Сила резания в этом случае также уменьшается, поскольку уменьшается энергоемкость обработки.

Установлен важный практический вывод, состоящий в том, что применение сборных режущих твердосплавных лезвийных инструментов с износостойкими покрытиями на тех же режимах резания, на которых применяются традиционные твердосплавные инструменты, приводит к достаточно существенному увеличению стойкости инструмента и лишь к незначительному снижению затрат и соответственно себестоимости обработки. Увеличение производительности обработки за счет увеличения скорости резания позволяет добиться существенного уменьшения затрат и соответственно себестоимости обработки. Это предопределяет эффективное применение на предприятиях Украины современных сборных режущих твердосплавных лезвийных инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства.

Экспериментальные исследования, выполненные в производственных условиях, показали, что благодаря этой физической закономерности процесса резания производительность обработки может быть увеличена до 10 раз при экономически приемлемой себестоимости и требуемом качестве обработки (отсутствии на обработанных поверхностях прижогов, микротрещин, микросколов и других дефектов). На этой основе разработана методика выбора рациональных методов механической обработки, включая выбор режущего инструмента, станка и оптимальных режимов высокоскоростного резания, что позволило решить ряд важных практических задач эффективной обработки.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТОВ

Жовтобрюх В.А.

ООО ТЦ "ВариУс", г. Днепр

В работе рассмотрены вопросы высокоскоростной механической обработки. Внедрение такой обработки в авиационную промышленность позволяет существенно повысить производительность труда при одновременном повышении точности обработки и качества изготовления самолетных деталей. В авиационных конструкциях находят широкое применение высокопрочные алюминиевые, магниевые и титановые сплавы. При изготовлении деталей и узлов самолетов до 25–35% от общей трудоемкости изготовления изделий составляют операции механообработки на металлорежущих станках. Использование в конструкциях агрегатов самолета крупногабаритных монолитных деталей сложных форм с труднообрабатываемых материалов вызывает рост объема работ по механической обработке. В связи с этим разработаны практические рекомендации по выбору прогрессивных инструментальных материалов и оптимальных режимов резания при высокоскоростной обработке на станках с ЧПУ. Показано, что пятиосевой портальный обрабатывающий центр DOOSAN VM 2740U – лучшее решение для высокоскоростной обработки крупногабаритных авиационных деталей. Приведены характеристики новых инструментальных материалов и геометрических форм режущих пластин из твердых сплавов и керамических сплавов с износостойкими покрытиями. Установлено, что современные режущие пластины из керамики в условиях правильной эксплуатации являются эффективным средством для достижения высокой производительности по сравнению с твердосплавными пластинами. Керамические сплавы характеризуются высокой твердостью и значительной сопротивляемостью к окислению по сравнению с другими инструментальными материалами, а также высокой стойкостью к образованию трещин и ударной прочностью при температуре выше 1000 градусов. Однако, они достаточно ломки при комнатной температуре. Так, алюмооксидна керамика (Al_2O_3) характеризуется значительной сопротивляемостью к окислению и высокой устойчивостью в условиях высокоскоростного непрерывного точения материалов на основе железа. Нитрид кремния (Si_3N_4) имеет высокую устойчивость к образованию трещин и значительную сопротивляемость к окислению. Это обеспечивает повышение эффективности черновой обработки материалов на основе железа. Практикой установлено, что режущие керамические пластины следует применять для обработки материалов после их закалки. Например, в условиях непрерывного точения чугуна и предварительной термообработки материалов рекомендуется использовать режущие керамические пластины на основе оксида алюминия. Режущие пластины на основе нитрида кремния эффективны при черновой обработке чугуна и высокоскоростной обработке жаропрочных материалов на основе никеля. Режущие керамические пластины на основе оксида алюминия эффективно применять для высокоскоростной обработки закаленной стали благодаря значительной сопротивляемости к окислению и температурной стабильности.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗОН БЕЗПЕКИ ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ АНАЛІЗІ ОБ'ЄКТУ ОБРОБКИ

**Іванов В.О.¹, Павленко І.В.¹, Карпусь В.Є.², Заяць Й.³,
Дрофа К.А.¹, Багрій Я.В.¹**

¹*Сумський державний університет, м. Суми*

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

³*Технічний університет м. Кошице, м. Прешов*

При обробці заготовок на металорізальних верстатах використовують різні схеми базування. Вибір найвигіднішої для заданих виробничих умов залежить від геометричної форми заготовки, її габаритних розмірів, якості базових поверхонь та їх розташування. На свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах із ЧПК, як правило, обробляють корпусні (54% від загальної кількості деталей), плоскі (5%) і деталі типу важелів, шатунів, вилок, кронштейнів, та ін. (7%), а також тіла обертання (34%) [1].

При базуванні заготовок важливим є забезпечити максимальну інструментальну доступність для обробки, тобто функціональні елементи (установлювальні, затискні) не повинні перешкоджати обробці заготовки. Відповідно до теорії базування деталей не бажано розташовувати функціональні елементи близько до оброблюваних поверхонь, тому запропоновано поняття «зона безпеки», що перекриває розміри оброблюваної поверхні з певним коефіцієнтом, величину якого обґрунтовано з конструктивно-технологічних міркувань. Таким чином, функціональні елементи при позиціонуванні повинні розташовуватися поза зоною безпеки. Запропоновані та розроблені математичні моделі для геометричного опису зон безпеки для типових конструктивних елементів (отвір, шпонковий паз, уступ) дозволять у автоматизованому режимі здійснювати пошук оптимальних точок контакту заготовки з функціональними елементами.

Це завдання є особливо важливим для впровадження систем автоматизованого проектування верстатних пристроїв, які дозволяють у автоматизованому режимі проектувати верстатні пристрої, аналізувати відповідність характеристик заданим виробничим умовам, оцінювати їх ефективність та розробляти необхідну конструкторсько-технологічну документацію. Дані системи можна інтегрувати з CAD/CAE/CAPP/CAM системами, а отже, виконувати повний цикл проектування, аналізу, синтезу, оптимізації та виготовлення верстатних пристроїв.

Література:

1. Иванов В. А. Быстроперенастраиваемые базирующие модули для установки деталей, обрабатываемых на сверлильно-фрезерно-расточных станках / В. А. Иванов, В. Е. Карпусь, И. М. Дегтярев // Металлообрабатывающие комплексы и робототехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов: матер. II Междунар.научно-техн.конф., 17–18 июня 2016 г., Курск / В. А. Иванов, В. Е. Карпусь, И. М. Дегтярев. – Курск, 2016. – С. 126–131.

ДО ПИТАННЯ ОПТИМАЛЬНО-РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНО-ЦИЛІНДРИЧНОГО ЗУБЧАСТОГО РЕДУКТОРА

Калінін П.М.¹, Остапчук Ю.О.², Жережон-Зайченко Ю.В.¹

¹ *Національна академія Національної гвардії України,*

² *Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Ефективність оптимального проектування ступінчастих зубчастих редукторів пов'язана із проблемою багатокритеріального оцінювання проектних рішень, що суттєво ускладнюється численною множиною зв'язків між параметрами редукторів і різноманітними ознаками їх якості, обмеженою інформативністю одиничних показників якості, а також суб'єктивністю результатів їхнього згортання в інтегральний критерій на основі експертно устанавлюваного вектора пріоритетів.

До головних параметрів ступінчастих зубчастих редукторів відносять загальне передаточне число u_0 , оптимальний розподіл якого між ступенями редуктора безумовно слід вважати актуальною задачею.

Розподіл u_0 ступінчастого редуктора виконується за різними критеріями якості: мінімальних маси та габаритних розмірів (загальних або у різних площинах) редуктора, рівномірності зубчастих передач, однакового занурення коліс швидкохідного та тихохідного ступеня у мастило тощо.

Робота виконується у продовження і на основі [1], де були розглянуті питання розподілу u_0 для конічно-циліндричного редуктора.

Особливість черв'ячно-циліндричного редуктора (ЧЦР) на відміну від конічно-циліндричних редукторів полягає у тому, що тут у якості критеріїв працездатності додатково розглядаються критерії теплостійкості редуктора та жорсткості вала черв'яка. Виростає значення питань надійного мащення циліндричної передачі і підшипників редуктора, використання дефіцитних антифрикційних матеріалів для черв'ячного колеса. Відзначимо практичну відсутність рекомендацій по розподілу u_0 для таких редукторів або дуже великі діапазони такого розподілу.

Запропонована [1] методологія проектування ступінчастих редукторів є достатньо універсальною, а застосований метод проектування дозволяє при виборі оптимально-раціональних рішень не обмежувати кількість критеріїв якості, враховувати кожний з них і керувати процесом вибору рішення.

Розроблені рекомендації до розподілу u_0 ЧЦР за різними критеріями якості можуть бути цікавими в інженерній та навчальній практиці.

Література:

1. *Калінін П.М.* До питання оптимально-раціонального проектування ступінчастих зубчастих редукторів / П. М. Калінін, Ю. О. Остапчук, Ю. В. Жережон-Зайченко, В. І. Юсов, В. І. Сериков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми механічного приводу. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 23 (1195). – С. 64–71. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-0791.

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Кленов О.С.¹, Новиков Ф.В.²

¹*Фирма «ДиМерус Инженеринг» ООО*

²*Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеця, г. Харьков*

В работе теоретически определены основные условия уменьшения технологической себестоимости обработки и повышения производительности за счет применения современных режущих инструментов производства ведущих зарубежных инструментальных фирм. Теоретически установлено, что с увеличением производительности технологическая себестоимость обработки изменяется по экстремальной зависимости, проходя точку минимума. Уменьшить минимальное значение технологической себестоимости обработки можно за счет увеличения экстремального значения производительности, применяя режущие лезвийные инструменты, характеризующиеся высокой работоспособностью в условиях повышенной температуры резания. Критерием оценки достижения на практике минимума технологической себестоимости обработки принято использовать отношение затрат на заработную плату рабочих к затратам на режущий инструмент, которое принимает вполне конкретное значение для различных условий обработки. Для анализа возможностей практического использования предложенного критерия проведен комплекс экспериментальных исследований производительности и технологической себестоимости обработки сборными твердосплавными лезвийными режущими инструментами с износостойкими покрытиями фирмы Iscar. Установлено, что их применение позволяет более чем в два раза уменьшить трудоемкость обработки и суммарные затраты по сравнению с традиционно применяемыми отечественными лезвийными твердосплавными инструментами. Показано, что эффект обработки достигается за счет увеличения скорости резания и подачи вследствие повышенных значений параметров износостойкости и теплостойкости инструментов фирмы Iscar. Установлено, что при фрезеровании больше возможностей реализации минимума технологической себестоимости обработки, чем при точении. Причем это условие выполняется также с учетом всех основных статей затрат, включая затраты на заработную плату рабочих, режущий инструмент, оборудование и прочие затраты, что позволяет более правильно оценить экономическую эффективность механической обработки, т.к. учитывает наибольшее количество статей затрат. Экспериментально подтверждено, что основным условием уменьшения технологической себестоимости обработки до ее минимального значения является увеличение производительности обработки за счет применения более износостойких и теплостойких твердосплавных режущих инструментов. Таким образом, применяя на практике данный подход, можно гарантированно обеспечить оптимальные режимы резания, реализующие наименьшую технологическую себестоимость обработки и наибольшую производительность при заданном качестве обрабатываемых поверхностей.

УСЛОВИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРЕНИЯ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Кленов О.С.

Фирма «ДиМерус Инженеринг» ООО, г. Харьков

В работе рассмотрены вопросы уменьшения интенсивности трения в зоне резания – основного источника повышенной силовой и тепловой напряженности процесса резания, определяющего параметры точности и качества обработки, производительности и стойкости инструмента. Для этого получены аналитические зависимости для определения тангенциальной и радиальной составляющих силы резания, возникающих при точении на передней и задней поверхностях резца, с учетом процессов “чистого резания” и трения на передней и задней поверхностях резца. Показано, что учет трения задней поверхности резца с обрабатываемым материалом приводит к существованию минимума радиальной составляющей силы резания в зависимости от коэффициента трения. При этом минимум радиальной составляющей силы резания смещается в область меньших значений коэффициента трения с уменьшением интенсивности трения, а также с увеличением переднего угла инструмента (включая его положительные и отрицательные значения), что справедливо для процессов лезвийной и абразивной обработки. На основе полученных аналитических зависимостей произведена оценка энергий резания и трения в общем энергетическом балансе механической обработки резанием и определены условия уменьшения энергии трения. Достоверность теоретических решений подтверждена экспериментально. Установлено, что с увеличением скорости резания при точении отношение тангенциальной и радиальной составляющих силы резания увеличивается в связи с уменьшением интенсивности трения на задней поверхности резца. При этом угол действия, равный разности условного угла трения обрабатываемого материала с передней поверхностью резца и переднего угла резца, уменьшается. Это указывает на уменьшение коэффициента трения с увеличением скорости резания вследствие повышения температуры резания и энергии резания в общем энергетическом балансе процесса точения. На основе полученных результатов исследований разработаны практические рекомендации по повышению эффективности осуществления механической обработки резанием за счет уменьшения энергии трения. Предложена методика расчетно-экспериментального определения параметров силовой напряженности процесса резания.

Разработаны и широко внедрены в производство (на многих предприятиях Украины, в частности, на ГП ХМЗ «ФЭД», ГП «Завод «Электротяжмаш» и др.) эффективные технологические процессы механической высокоскоростной обработки с применением современных сборных твердосплавных инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства (фирмы Iscar), позволяющие многократно повысить производительность обработки при обеспечении высокого качества обрабатываемых поверхностей изделий, изготовленных из материалов с повышенными физико-механическими свойствами.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ЗАКАЛЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

¹Клочко О.О., ¹Синиця Ю.О., ²Кравченко Д.О., ²Терещенко Т.В.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков,

²Донбасская государственная машиностроительная академия,

г. Краматорск

Повышение эффективности предварительного и окончательного зубофрезерования закаленных цилиндрических зубчатых колес в значительной степени связано с изучением процесса встречного фрезерования и началом стружкоотделения, необходимости участия в процессе резания всех зубьев фрезы, что создает благоприятные условия по формированию поверхностного слоя с минимальной глубиной залегания дефектного слоя.

При снятии основного припуска под окончательную обработку закаленных зубчатых колес методом встречного зубофрезерования червячными и дисковыми твердосплавными фрезами открываются широкие возможности по снижению технологической обработки в 3-4 раза.

Для достижения поставленной цели определены основные задачи исследования по повышению производительности и качества зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес, научно обоснованных технологических методов зубообработки для формирования поверхностного слоя после механической обработкой лезвийным инструментом, сформулированы критерии выбора структуры и параметров систем лезвийной обработки закаленных крупномодульных зубчатых колес с установлением кинетики округления режущих кромок режущих пластин сборных червячных твердосплавных модульных и дисковых фрез при зубофрезеровании.

Научные основы технологического регламента выбора и назначения параметров обработки при зубофрезеровании базируются на основополагающих теоретических положениях теории трения, технологии машиностроения и теории резания. Процесс зубофрезерования при врезании первого зуба фрезы происходит скольжение, температура в зоне резания резко возрастает, что является одной из причин повышенного износа фрез по задним поверхностям. По достижении определенной толщины слоя a_i на угле скольжения $\psi_{ск}$ процесс пластической деформации переходит в резание.

В процессе снятия стружки деформация слоев обрабатываемого материала возникает не только в области плоскости скалывания стружки, но и впереди зуба фрезы и под плоскостью резания. Металл, подминаемый режущим лезвием, в стружку не переходит. Деформированный слой после прохождения режущего лезвия определяет глубину наклепа ($h_{упр.}$). Трение поверхностных слоев трущихся материалов имеет двойственную молекулярно-механическую природу. Трение обусловлено объемным деформированием материала и преодолением межмолекулярных связей, возникающих между сближенными участками трущихся поверхностей. Угол скольжения $\psi_{ск}$ соответствует передеформированию

материала, глубина относительно внедрения может быть представлена в виде $\frac{a_i}{p}$.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБОБЩЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ СВЕРЛЕНИИ КОМПОЗИТОВ

Костылева Ю.С.

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

Рассматриваемые проблемы механической обработки буровых полимерных композиционных материалов (ПКМ) показали, что, несмотря на достигнутые успехи и накопленные знания, вопросы, связанные с построением общей теории бурения композитов и прогнозированием выбора рациональных параметров обработки для новых ПКМ остаются неразрешенными. Появление новых ПКМ и расширение применения уже известных требуют создания новых математических моделей для обработки и прогнозирования гарантированного качества отверстий.

В настоящее время накоплено значительное количество экспериментальных результатов, обработка которых дала возможность получить различные эмпирические соотношения.

Метод искусственных нейронных сетей (ИНС) является наиболее подходящим для создания системы, для прогнозирования результатов обработки и выбора параметров бурения. Главным преимуществом ИНС является высокая точность обобщения и возможность обучения во время использования.

Используя ИНС, во время механической обработки ПКМ, были рассмотрены вопросы износа инструмента. Рассматривался контроль износа инструмента, при котором фактический износ инструмента можно сравнить с прогнозируемым, чтобы сигнализировать о начале износа, что, в свою очередь, предотвращает повреждение инструмента и его заготовку.

Прогнозируемая модель ИНС высоты заусенцев и толщины заусенцев была разработана с использованием многослойной прямой нейронной сети. Производительность модели ИНС сравнивалась с математической моделью ПКМ второго порядка, и точность предсказания ИНС была четко доказана. Кроме того, с помощью ИНС было проведено прогнозирование выходных параметров, таких как осевое усилие, шероховатость поверхности, анализ расслоения при бурении композитов. Целью настоящей работы является изучение влияния различных размеров сверл и параметров процесса бурения на расслаивание композитов углепластика. ИНС используется для прогнозирования фактора расслаивания, и результаты показывают хорошее согласие с полученными экспериментальными результатами. Следовательно, нейронная сеть помогает в определении оптимальных значений параметров обработки, так что расслаивание минимизируется.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Котляр О.В., Забара О.С., Єрмоменко Д.В.

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

Важливим аспектом забезпечення ефективності технологічних систем (ТС) є необхідність використовувати прогнозні дані щодо трудомісткості обробки та собівартості деталі за різними технологічними процесами. Тому актуальною задачею при проектуванні ТС є розробка методика автоматизованого визначення прогнозованої трудомісткості та собівартості обробки деталі для конкуруючих варіантів технологічного процесу.

Висока продуктивність та гнучкість є визначальними факторами високої економічної ефективності ТС, яка забезпечує високоприбуткове використання дороговартісного обладнання і технологічного оснащення. Принципово можливими шляхами підвищення продуктивності ТС є зменшення тривалості робочого циклу та скорочення позациклових витрат часу. Шляхами збільшення гнучкості технологічного оснащення є збільшення номенклатури деталей, що можуть встановлюватися в одному верстатному пристрої та зменшення часу на його переналагодження.

Ефективним шляхом вдосконалення засобів автоматизованої технологічної підготовки виробництва, що гарантує випереджувальне зростання продуктивності обробки порівняно зі збільшенням економічних витрат на автоматизацію, є підвищення ступеня концентрації технологічних переходів та використання стандартизованих автоматично переналагоджуваних елементів установочно-затискних пристроїв.

Інтенсифікація процесів механічної обробки на верстатах з ЧПК та підвищення їх продуктивності в умовах багатомоделного виробництва можлива також шляхом удосконалення конструкцій верстатних пристроїв, бо найбільші витрати допоміжного часу при обробці на верстатах з ЧПК пов'язані з установленням-зняттям деталей, а також в зв'язку з переходом на обробку деталей іншого типорозміру. Цим вимогам в повній мірі може задовольняти система пристроїв, що складається з універсальних та спеціалізованих елементів і характеризується широким ступенем гнучкості та рівнем уніфікації, забезпечує скорочення витрат часу на переналагодження верстатних пристроїв і задану точність обробки деталей, тобто підвищує продуктивність та інтенсивність обробки.

Вибір найвигіднішого варіанту компоновки верстатного пристрою є багатокритеріальною задачею, що здійснюється з використанням кількох критеріїв оптимальності, кожен з яких характеризує певний аспект якості об'єкту оптимізації. В якості критеріїв оптимальності можна прийняти похибку установлення заготовки, ступінь гнучкості пристрою, а також його вартість і матеріаломісткість. Оптимізаційна задача може бути вирішена різними методами багатокритеріальної оптимізації.

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ КІНЕТОСТАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ МЕХАНІЗМІВ

Крахмальов О.В.

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

Кінетостатичний розрахунок механізмів дає змогу визначити реакції в кінематичних парах, зрівноважувальний момент або зрівноважувальну силу на ведучій ланці і зусилля, які діють на окремі ланки механізму. Ці зусилля потрібні при розрахунку ланок на міцність і визначенні раціональних конструктивних форм їх.

Рух механізму здійснюється під дією прикладених до нього зовнішніх сил. Сили взаємодії ланок, що виникають у місцях їх дотику, називають реакціями в кінематичних парах. У парі, де дотик елементів здійснюється по площі кінцевих розмірів, завдання визначення положення рівнодійної реакції є статично невизначеним, оскільки не відомий закон розподілу цієї сили на площі. Щоб задачу визначення реакції в кінематичних парах зробити статично визначеною, потрібно вважати, що тиск у парах розподіляється рівномірно по прилеглих поверхнях, які в першому наближенні можна вважати абсолютно гладенькими.

Напрямок рівнодійної тиску у парі приймають по спільній нормалі до дотичних поверхонь. Таким чином, результуюча тиску на циліндричній поверхні обертальної пари проходить через центр шарніра. Величина і лінія дії цієї рівнодійної не відомі, бо вони залежать від величини і напрямку заданих сил, що діють на ланки пари. У поступальній парі результуюча реакція напрямлена перпендикулярно до напрямних, але величина і точка прикладення її не відомі. У вищій парі реакція прикладена в точці дотику профілів ланок і напрямлена по спільній нормалі до них, тобто для вищій пари невідомою є тільки величина реакції. Тому що будь-який механізм з вищими парами можна замінити механізмом з нижчими парами, то при визначенні умов статичної визначеності можна обмежитися розглядом груп, ланки яких входять лише у нижчі пари.

Для кожної ланки, прийнятої за незмінну систему, можна написати три рівняння рівноваги, а для n ланок число усіх рівнянь рівноваги дорівнюватиме $3n$. Число невідомих параметрів, що визначають тиск у кінематичних парах, дорівнює за попереднім $2p$, де p – кількість нижчих пар. Тому кінематичний ланцюг буде статично визначений, якщо задовольняється умова

$$3n = 2p \quad (1)$$

Ця формула збігається із структурною формулою ассурових груп, що виражають також умову їх кінематичної визначеності. Таким чином, завдання визначення тисків у групах Ассура є статично визначеним, тобто число рівнянь, які можна при розв'язанні цього завдання, дорівнює числу шуканих невідомих. Таким чином, кінетостатичний розрахунок механізмів зводиться до розрахунку окремих груп Ассура.

ПІДВИЩЕННЯ СТАТИЧНОЇ ТОЧНОСТІ РЕГУЛЯТОРІВ ТИСКУ З ПНЕВМОКЕРУВАННЯМ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ІНВАРІАНТНОСТІ

Крутіков Г.А., Стрижак М.Г.

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

Використання пневматичного керування замість пружинного у пневматичних редукційних клапанах (РК) окрім забезпечення дистанційного керування дає низку переваг, пов'язаних з досягненням високої точності підтримання заданого рівня тиску.

Для того, щоб виявити шляхи досягнення високої точності розроблена статична модель спільного функціонування основного РК і пілота керування.

Причому, така модель наведена у вигляді моделі статичної чутливості $\int_{\Delta p_1}^{\Delta p_2}$, де

Δp_1 – приріст тиску у мережі живлення РК (первинна помилка), Δp_2 – помилка у підтриманні заданого тиску (вторинна помилка). Граф статичної чутливості та

значення $\int_{\Delta p_1}^{\Delta p_2}$ дозволяють виявити контури регулювання за відхиленням і збуренням. У якості контура за збуренням виступає величина нерозвантаженої площі дроселюючого клапана як основного РК так і пілота керування. Контур регулювання за збуренням, який вводиться за рахунок цього дисбалансу, може компенсувати статизм контура регулювання за відхиленням частково або повністю. В останньому випадку мова йде про створення повноцінної інваріантної системи.

Аналіз структури виразу для статичної чутливості $\int_{\Delta p_1}^{\Delta p_2}$ дозволяє встановити два шляхи зниження статичної чутливості системи «РК-пілот керування» аж до досягнення повної інваріантності. Перший з них полягає в одночасній взаємокомпенсації помилок контура регулювання за збуренням і контура регулювання за відхиленням. Другий спосіб полягає у виборі таких параметрів РК і пілота керування, щоб їх помилки малу однакову величину і зворотний знак.

У результаті дослідження отримані аналітичні залежності для визначення оптимальних значень параметрів, що забезпечують повну інваріантність системи регулювання, яка ґрунтується на використанні РК у комбінації з пілотом керування.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКА НА ЗУБОШЛИФОВАНИЕ ПУТЁМ ЕГО ИЗМЕРЕНИЯ НА СТАНКЕ С ЧПУ

¹Ларшин В.П., ²Лищенко Н.В.

¹*Одесский национальный политехнический университет,*

²*Одесская национальная академия пищевых технологий,
г. Одесса*

Для всех известных методов зубошлифования актуальной является задача определения фактического припуска на обработку, расположенного по левой и правой стороне впадин обрабатываемого зубчатого колеса (ЗК). Величина этого припуска должна превышать так называемую однопрофильную погрешность ЗК. Синусоидальный закон изменения этой однопрофильной погрешности (по каждой стороне профиля впадины отдельно) обусловлен кинематическим и геометрическим эксцентриситетами заготовки ЗК на операциях нарезания и шлифования зубьев, соответственно [1].

Рассмотрение однопрофильной погрешности ЗК в виде периодической функции позволило автору работы [1] определить её влияние на работу зубчатой передачи в виде шума, вибраций и динамических нагрузок. Аналогичный подход к оценке однопрофильной погрешности можно применить для теоретического определения припуска перед зубошлифованием, а также для оптимизации числа его измерений на станке с ЧПУ перед зубошлифованием. Сущность подхода заключается в преобразовании Фурье «временной» зависимости припуска от угловой координаты в частотную зависимость и обратно (период по времени может быть заменён периодом по расстоянию – шагом). Такой подход ранее был апробирован нами при обработке профилограммы обработанной поверхности и оценке параметров шероховатости и волнистости [2]. Термообработка зубчатого колеса перед зубошлифованием приводит к дополнительному искажению формы зубчатой поверхности и припуска на зубошлифование путём добавления в состав припуска новых гармонических составляющих. В результате локальных усадок и растяжек зубчатого венца в направлении делительной окружности ЗК имеет место полигармоническое периодическое изменение погрешности окружного шага перед зубошлифованием с периодом одного оборота ЗК, что отражается в соответствующем исчислении припуска. Периодичность изменения припуска с периодом, равным длине соответствующих окружностей ЗК (окружностей впадин, выступов, основной, делительной, начальной), позволяет применить к оценке припуска частотный подход Фурье для периодических функций (ряд Фурье).

Литература:

1. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колёс / Б.А. Тайц. – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.
2. Лищенко Н.В. Частотные характеристики профилограммы поверхности и вибраций при её обработке / Н.В. Лищенко // Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Харків, НТУ «ХПИ», 2015. – Вип. 1 (25) . – С. 94-108

GRINDING SYSTEM MODELLING TO SIMPLIFY DECISION MAKING**¹Lishchenko N.V., ²Larshin V.P.***¹Odessa National Academy of Food Technologies**²Odessa National Polytechnic University, Odessa*

In accordance with the Systems Engineering (theory of technical systems) one of the important initial stages of a system development is an adequate representation of the system from the concept stage to the running one. The system design includes its description, modelling and simulation, which may be represented in the respective formats: verbal description (text) in ordinary languages, graphical representations (block diagram, graphs), special signs systems (e.g., programming languages), mathematical model, a timing diagram, the combined method, etc. Selecting an appropriate way of the system representation depends on the purpose of the study. If the purpose is to create conditions to ensure the desired course of a process, when the process is the developing system, then it should be said of the system operation and control algorithms. In this case the technical system is being developed in the form of a control system model. In this modelling (versus simulation) the system is a mathematical abstraction that is taken as a model of a dynamic phenomenon which represents the dynamic phenomenon in terms of mathematical relations [1]. Such a system is characterized by the input u , state x and output y . The input u in the form of a set of time functions (e.g., in time domain) is the external forces (input variables) which are acting upon the grinding process that represents the dynamic phenomenon mentioned. The state x is a form of the system state-space representation, which with the input affects the output y . The output y in similar form is the measures of the grinding process result, i.e. output quantities belonging to the ground part (part accuracy, surface finish and surface integrity).

In this connection the state x of the system is a vector function of time (e.g., in time domain) as well as both the input u and output y . In grinding it may be corresponding signals like those of grinding forces F in Newtons, temperature T in Celsius or acoustic emission AE in RMS quantities. In grinding, the dependences of settings on process quantities such as grinding forces F , temperature T , and acoustic emission AE as well as on output quantities such as surface roughness and surface integrity (surface layer quality like grinding burns and residual stresses) may be mapped too on the basis of F. Klocke' representation [2]. The model consists of the following state parameters: Q'_w , V'_w , F , T , AE , where Q'_w is the specific material removal rate in $\text{mm}^3/(\text{s}\cdot\text{mm})$, V'_w is the specific material removal in mm^3/mm . The application of this model for the development of both monitoring and technological diagnostics systems for a gear grinding machine with a CNC is given.

References:

1. Freeman Herbert. Discrete-time systems: an introduction to the theory / Herbert Freeman. – New York: J. Wiley, 1965. – 241 p.
2. Klocke Fritz. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping / Fritz Klocke. – Berlin: Springer, 2009. – 433 c.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ МЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Літовченко П.І., Іванова Л.П.

*Національна академія Національної гвардії України,
м. Харків*

Авторами запропоновано систему класифікації й ідентифікації механічних приводів і комп'ютерну програму, які відрізняється високим рівнем формалізації й забезпечують можливість автоматизованого інтерактивного синтезу й розрахунку механічних приводів різної структури.

Подальші дослідження були спрямовані на розробку математичної моделі й методики оптимізації структури приводу. В основу положено відносні характеристики механічних передач, отримані шляхом їх приведення до базових – відповідних характеристик циліндричних зубчастих передач.

Вибір раціональної структури приводу здійснювався на основі вимог до нього по заданому значенню або обмеженню, накладеному на один, або декілька параметрів приводу (масу, габарити, вартість, тощо).

Раціональний варіант структури приводу визначався шляхом максимізації цільової функції виду:

$$F = \left\{ \begin{array}{l} k_{P_{\max}} P'_{\max} + k_{V_{\max}} V'_{\max} + k_{L_{h\max}} L'_{h\max} + k_{u_{\max}} u'_{\max} + k_{\eta} \eta_{\text{сер}} - k_l l' - \\ - k_m m' - k_c c' \end{array} \right\} \rightarrow \max$$

де P'_{\max} – відносна максимальна потужність, яка що передається передачею;

V'_{\max} – відносна максимальна швидкість передачі;

$L'_{h\max}$ – відносна максимальна експлуатаційна довговічність передачі в годинах наробітку;

u'_{\max} – відносне максимальне передаточне число передачі;

$\eta_{\text{сер}}$ – середній ККД передачі (середнє значення з діапазону рекомендованого для даного типу передач) ;

$k_{P_{\max}}, k_{V_{\max}}, k_{L_{h\max}}, k_{u_{\max}}, k_{\eta}, k_l, k_m, k_c$ – вагові коефіцієнти при параметрах цільової функції, зв'язок між якими має класичний вид:

$$k_{P_{\max}} + k_{V_{\max}} + k_{L_{h\max}} + k_{u_{\max}} + k_{\eta} + k_l + k_m + k_c = 1$$

Переваги запропонованої методики автоматизованого синтезу механічного приводу раціональної структури:

– врахування максимальної кількості характеристик механічних передач дозволяє більш точно і всебічно оцінити й визначити найбільш раціональний варіант механічного приводу;

– використання відносних характеристик передач дозволяє досягти високої степені формалізації пошуку раціональної структури приводу та створити на цій основі ефективні алгоритми і програми для рішення задачі синтезу структури і розрахунку параметрів приводу.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ СИЛОВЫХ СИСТЕМ

Музыкин Ю.Д.¹, Татьков В.В.¹, Музыкин П.А.²

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ² ЧАО «Южспецатоменергомонтаж» г. Харьков

Важнейшим требованием, предъявляемым к механическим приводам в процессе эксплуатации, является отсутствие их аварийных отказов, которые приводят как к существенным экономическим потерям, так и травматизму обслуживающего персонала. Одним из наиболее эффективных способов повышения надежности работы силового привода является организация технической диагностики его состояния.

Целью проведения технической диагностики является определение фактического состояния контролируемого объекта в условиях ограниченной информации. Структурное решение поставленной задачи может быть представлено в виде трех этапов: констатация выполнения функционального назначения привода; обеспечение и поддержание кинематических и силовых характеристик привода; контроль диагностируемого параметра.

Первые два условия легко контролируются и не требуют дополнительных исследований в случае выполнения приводом своих функциональных задач. Реализация третьего условия требует решения как минимум трех задач:

- определение параметра, наиболее полно описывающего техническое состояние механического привода;
- установление предельного значения рассматриваемого критерия, а также описание закона его изменения во времени;
- разработка измерительного комплекса для фиксации во времени выбранного параметра, а также передача его на интерфейс силовой установки.

Для силовых приводов горнорудных и металлургических комплексов предлагается в качестве критерия оценки использовать суммарный износ поверхностей во всех кинематических парах, величина которого может быть оценена по значению люфта при реверсе привода без нагрузки. Величина суммарного износа зависит практически от всех конструктивных и эксплуатационных параметров привода, а следовательно, может рассматриваться как интегральный показатель качества и надежности работы всех элементов привода. Поэтому, согласно центральной предельной теореме статистического распределения, изменение суммарного износа будет подчиняться нормальному закону распределения. Данное утверждение позволяет получить аппроксимирующую функцию изменения суммарного зазора в кинематических парах в виде алгебраического полинома. Экстраполируя полученную зависимость после каждого проведенного измерения и сравнивая ее с предельным значением, можно определить остаточный ресурс работы, а, следовательно, планировать остановки на ремонт не доводя механический привод до аварийных ситуаций.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ НАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

Музыкин Ю.Д.¹, Гатьков В.В.¹, Музыкаин П.А.²

¹ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*, ² *ЧАО «Южспецатоменергомонтаж» г. Харьков*

Проектирование любой машины начинается с разработки ее структурной схемы, которая позволяет установить как законы движения отдельных звеньев, так и силы, возникающие в различных элементах системы. При этом все звенья, кроме специальных, считаются абсолютно жесткими; линейные размеры звеньев строго соответствуют номинальным; геометрия отдельных элементов и узлов машины существенно упрощается; связи ограничивающие движение, являются независимыми. В такой постановке, используя формулу П.Л. Чебышева либо ее вариацию для пространственной системы, определяют степень подвижности механизма.

Однако такой подход применительно к тяжелонагруженным машинам, какими являются щековые и конусные дробилки, используемые в горнорудной и металлургической промышленности, нельзя признать правомерным. Объясняется это многими факторами, к которым относятся: высокие статические и динамические нагрузки, приводящие к деформациям всех силовых элементов машин; износ сопряжений в кинематических парах; температурные изменения линейных размеров в звеньях; погрешности в геометрии звеньев, возникающие на стадии изготовления и монтажа. Поэтому при анализе структурной схемы механизма необходимо дополнительно учитывать связи, вызванные вышеперечисленными причинами.

В общем случае их нахождение представляет значительные трудности, однако для плоских и квазиплоских систем они могут быть установлены, если для определения степени подвижности использовать зависимость для пространственной системы, то есть использовать кинематические пары всех пяти классов. С применением предложенного принципа были модернизированы силовые узлы трения на щековых СМД-109А и конусных СМД-119 дробилках, которые установлены в дробильном отделении ЧАО «Запорожский железорудный комбинат». Техническое решение предложенной модернизации не изменило кинематику движения рабочих органов дробилок, однако существенно повысило возможности адаптации узлов трения к внешним воздействиям.

Устранение избыточных связей достигнуто за счет изменения подвижности отдельных кинематических пар переводом их в другой, более высокий класс. Такая модернизация требует дополнительных затрат как на стадии изготовления этих сопряжений, так и в последующем обслуживании, так как кинематические пары имеют меньшее количество связей.

Предложенное решение позволило существенно понизить влияние эксплуатационных параметров на устойчивость работы узлов трения, а следовательно, повысить надежность и долговечность работы дробилок.

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ПЕРЕКОСІВ В КРАНАХ МОСТОВОГО ТИПУ

Нетюхайло А.І., Офій В.В.

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

Проблема перекосів кранів нараховує близько 150 років – з моменту появи перших кранів і актуальна на сьогоднішній день. Перекіс сприяє зносу ходових коліс і підкранових колій; додатковому опору руху; навантаженню на елементи металоконструкції та механізм пересування, а також на підкранові спорудження.

Набір причин перекосів може бути складним і випадковим. Ефективним рішенням може бути усунення не причин, а наслідків, хоча це не зовсім очевидно. Для цієї мети можуть бути застосовані системи контролю форми крана в поєднанні з "розумним" керуванням рухом – за принципом живого організму, який не аналізує причини відхилення руху, а коректує його.

На сьогоднішній день застосування подібних систем не є економічно обґрунтованим, але розвиток машин, виконуючих складний рух відбувається дуже динамічно, що може привести в майбутньому, до вирішення проблеми на новому загально-технічному рівні, з підвищенням точності вимірів і швидкості реакції на них.

Останнім часом у зв'язку із широким впровадженням систем частотного керування приводом з'являються нові можливості для зниження перекісних навантажень. Для кранів з невеликим переміщенням (до 20-30 м.) досить використати з'єднання приводів протилежних опор електричним валом. Для кранів з більшим переміщенням застосування електричного вала без додаткових заходів може принести більше шкоди, чим користі, оскільки синхронізація обертання двигунів при розходженні діаметрів коліс приводить до неминучого проковзування одного з ведучих коліс. Шкідливий вплив синхронізації обертання двигунів для кранів з більшим переміщенням було встановлено в досвідах Ганновера. Для кранів цього типу можна застосувати датчик деформації форми крана в плані, наприклад, тензодатчик, убудований у спеціальний додатковий діагональний елемент, що з'єднує кінцеву й головну балки. Замість тензодатчика може бути використаний оптичний датчик, наприклад, лазерний вимірювач відстані. Можливо також використання системи усунення перекоосу із самотестуванням, принцип дії якої наступний.

Періодично привод одержує команду на неузгодженість обертів двигунів різних опор при безперервному контролі сумарного моменту на двигунах з метою одержання мінімального опору пересуванню, після чого синхронізація обертання відновлюється. Стан з мінімальним опором повинне відповідати мініальному перекоосу крана.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ФРИКЦІЙНИХ З'ЄДНАНЬ

Нечипоренко В.М., Літовченко П.І., Сало В.А., Іванова Л.П.

Національна академія Національної гвардії України,

м. Харків

Авторами проведено чисельні статистично-аналітичні дослідження, спрямовані на створення ефективних методів автоматизованого проектування посадок з натягом [1]. За результатами досліджень запропоновано новий підхід до вибору остаточного проектного рішення при автоматизованому проектуванню вказаних з'єднань і створена оригінальна авторська програма Pressing boarding, яка використана як інструмент подальших досліджень.

На попередніх етапах досліджень отримано геометричну інтерпретацію n -параметричної моделі області існування посадок з натягом. Геометрична модель – область простору, обмежена плоскими й криволінійними гранями, яка дозволила наочно представити взаємовплив параметрів з'єднання і здійснити вибір раціональної для заданих умов табличної посадки. Недолік методики – суб'єктивний характер вибору остаточного проектного рішення.

Для підвищення степені формалізації і достовірності вибору остаточного проектного рішення авторами на першому етапі запропоновано аналітичний опис двовимірної моделі області існування та кінцевої множини посадок, які входять до неї.

Для аналітичного опису геометричного образу області існування раціональних посадок застосовано математичний апарат теорії R -функцій [2]. Проведені розрахунково-аналітичні дослідження дозволи підтвердити адекватність математичної моделі геометричному образу, який вона описує.

Застосування аналітичної моделі дозволило здійснити пошук остаточного проектного рішення при автоматизованому проектуванні фрикційних з'єднань на більш високому якісному рівні. З'явилась можливість візуальний вибір раціональної посадки з ряду допустимих замінити на автоматичний вибір у програмі шляхом аналізу логічних конструкцій математичної моделі.

За результатами досліджень розроблена спеціальна процедура і удосконалена програма Pressing boarding, що дозволило підвищити ефективність проектування фрикційних з'єднань для машин загального і спеціального призначення.

Література:

1. Літовченко, П.І. Новий науково обґрунтований метод автоматизованого проектування посадок з натягом [Текст] / П.І. Літовченко, В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, Л.П. Іванова // Збірн. наук. праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2013. – Вип. 1. – С. 74–79.

2. Нечипоренко, В.М. Використання теорії R -функцій для створення раціональних посадок з натягом [Текст] / В.М. Нечипоренко, П.І. Літовченко, В.А. Сало, Б.В. Ковбаска, Д.О. Верхорубов // Збірн. наук. праць НАНГУ. – 2016. – Вип. 2 (28). – С. 72–76.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА НАРЕЗАНИЯ ГРАНЕЙ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ХРУСТАЛЯ

Новиков Г.В.¹, Новиков Ф.В.²

¹Научный центр НТК “Эльбор”

**²Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеця, г. Харьков**

В работе рассмотрены вопросы повышения качества изготовления изделий из хрусталя путем совершенствования технологии нарезания граней на их поверхностях, что является актуальной задачей, поскольку хрусталь относится к труднообрабатываемым материалам. В настоящее время нарезание граней на изделиях из хрусталя осуществляется алмазным кругом формы 14EE1 на металлической связке М2-01 с зернистостью алмазного порошка АС6 50...100 мкм. Основным недостатком процесса состоит в быстром износе острия алмазного круга и потере его режущей способности, геометрической формы и размеров. Это приводит к увеличению сил резания и соответственно физических нагрузок рабочего-резчика и его утомляемости, т.к. обработка изделий из хрусталя производится “вручную”. В конечном итоге это вызывает снижение производительности и качества нарезания граней на изделиях из хрусталя. Для поддержания режущей способности алмазного круга на металлической связке и требуемой точности его формы производится периодическая правка круга механическим методом с использованием абразивного бруска. Как показывает практика, такой метод не обеспечивает высокую эффективность, так как сложно восстановить требуемый угол при вершине круга, устранить радиальное биение круга непосредственно на рабочем станке, произвести качественное вскрытие алмазного слоя круга (обеспечить значительное выступание алмазных зерен из связки).

В связи с этим разработана технология нарезания граней на изделиях из хрусталя с использованием электроэрозионной правки алмазных кругов формы 14EE1 на металлической связке М2-01. Электроэрозионная правка круга производится непосредственно на каждом рабочем месте без съема круга со станка. Время правки – 5...10 секунд, периодичность – 15...20 мин. Правка выполняется с помощью специального электрода, который удерживает в руках рабочий. Электрические разряды возбуждаются от малогабаритного электроимпульсного генератора, который одновременно может обслуживать 10 станков. В результате применения электроэрозионной правки обеспечивается качественная подготовка круга к работе: устраняются неровности связки и биение круга, исправляется погрешность геометрической формы круга и повышается его режущая способность. В сочетании с применением алмазных кругов с оптимальными характеристиками, обоснованными выше, это позволяет существенно повысить производительность и качество нарезания граней на изделиях из хрусталя, снизить значительные физические нагрузки на рабочего, которые имеют место в процессе “ручного” нарезания граней на изделиях из хрусталя. Технология внедрена на ряде стекольных предприятий.

УСЛОВИЯ СНИЖЕНИЯ СИЛОВОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Новиков Ф.В.¹, Полянский В.И.²

*¹Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеця*

²ООО «Империя металлов», г. Харьков

В работе рассмотрены два теоретических подхода к определению параметров силовой напряженности процесса резания, отличающихся пределами изменения условного угла сдвига обрабатываемого материала. Показано, что применение теоретического подхода, основанного на известном решении о разрушении бруса под действием продольных сил, при отрицательных передних углах инструмента приводит к отрицательным значениям условного угла сдвига обрабатываемого материала, составляющих силы резания и условного напряжения резания, что не соответствует условиям стружкообразования при резании. Применение теоретического подхода, предложенного профессором К. А. Зворыкиным, приводит к положительным значениям параметров силовой напряженности процесса резания во всем возможном диапазоне изменения передних углов инструмента (включая и отрицательные значения). Это в большей степени отражает закономерности процесса стружкообразования при резании, в особенности при абразивной обработке, характеризующейся отрицательными передними углами режущих зерен. Поэтому данный теоретический подход использован для определения параметров силовой напряженности процесса резания. На основе полученных аналитических зависимостей тангенциальной и радиальной составляющих силы резания и условного напряжения резания (энергоёмкости обработки) установлены условия снижения силовой напряженности процесса резания лезвийным инструментом, состоящие главным образом в уменьшении угла действия, равного разности условного угла трения инструментального и обрабатываемого материалов и переднего угла инструмента, т.е. в уменьшении коэффициента трения инструментального и обрабатываемого материалов. Проведен теоретический анализ закономерностей изменения параметров силовой напряженности процесса резания в зависимости от условного угла сдвига обрабатываемого материала, коэффициента усадки стружки, коэффициента трения на передней поверхности резца и коэффициента резания, равного отношению тангенциальной и радиальной составляющих силы резания, и установлены возможные пределы их изменения. Показано, что, используя полученное решение, можно научно обоснованно подходить к выбору рациональных параметров обработки по энергетическому критерию – наименьшей энергоёмкости обработки. Даны практические рекомендации по эффективному применению на предприятиях Украины современных металлорежущих станков с ЧПУ типа “обрабатывающий центр” и сборных конструкций твердосплавных инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства, обеспечивающих заданные показатели точности и качества обрабатываемых поверхностей с наименьшими энергетическими затратами.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Новиков Ф.В.¹, Кленов О.С.²

*¹Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеця*

²Фирма «ДиМерус Инженеринг» ООО, г. Харьков

В работе рассмотрены вопросы аналитического определения температуры резания при шлифовании и глубины проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали с учетом перерезания шлифовальным кругом адиабатических стержней, которыми условно представлен снимаемый припуск, согласно теплофизической модели шлифования, предложенной профессором Якимовым А.В. Это позволило уточнить известные аналогичные решения и определить условия снижения температуры резания при шлифовании. Согласно данному решению, температура резания при шлифовании и глубина проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали с течением времени обработки увеличиваются, асимптотически приближаясь к максимальному значению, определяемому условием теплового насыщения поверхностного слоя обрабатываемой детали. Установлено, что учет перерезания адиабатического стержня шлифовальным кругом позволяет уменьшить температуру резания более чем в два раза, что приводит в соответствие теорию и практику шлифования. Это позволяет по-новому подходить к выбору оптимального времени контакта шлифовального круга с обрабатываемой деталью и соответственно параметров режима шлифования и характеристик круга. Установлено также, что длина срезанного участка адиабатического стержня (равного глубине шлифования) всегда больше глубины проникновения тепла в обрабатываемую деталь. Показано, что температура резания определяется длиной адиабатического стержня, подвергнутого тепловому воздействию, включая и его срезанную часть.

Установлено, что максимальная температура резания при шлифовании определяется лишь условным напряжением резания и не зависит от параметров режима шлифования и характеристик шлифовального круга. Поэтому основным условием уменьшения температуры резания при шлифовании является уменьшение условного напряжения резания за счет снижения трения в зоне резания и повышения режущей способности шлифовального круга. Предложена инженерная методика расчета и приведены примеры расчета с использованием программного продукта Компас 3D температуры резания при шлифовании и глубины проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали с учетом распределения тепла между обрабатываемой деталью и образующимися стружками. Показано, что уменьшение температуры резания является основным условием повышения качества обработки деталей, изготовленных из закаленных сталей и других труднообрабатываемых материалов. Даны практические рекомендации по повышению эффективности шлифования на основе уменьшения температуры резания.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ АБРАЗИВНОЇ ТА ЛЕЗОВОЇ ОБРОБКИ

Новіков Ф.В.¹, Смирний М.Ф.¹, Клочко О.О.²

¹*Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця*

²*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання визначення умов підвищення точності обробки, обумовленої виникненням у технологічній системі пружних переміщень. Показано, що найбільше впливає на величину пружного переміщення умовне напруження різання, обумовлене геометрією різальної частини абразивного зерна (або лезового інструмента) та інтенсивністю тертя в зоні різання. Теоретично встановлено, що у процесі фінішної обробки лезовим інструментом умовне напруження різання менше, ніж у ході шліфування. Це визначає ефективність переходу від шліфування до лезової обробки (особливо до процесу високо-швидкісного різання) на фінішних операціях. Теоретично визначені умови переходу від пластичного деформування оброблюваного матеріалу до процесу різання (стружкоутворення), які полягають у перевищенні граничного відношення товщини зрізу й радіуса округлення різального абразивного зерна.

Аналітично описані погрішності обробки, обумовлені пружними переміщеннями, що виникають у технологічній системі у ході зубошліфування за методом профільного копіювання (глибинного шліфування). Установлено, що глибина шліфування не входить у розрахункові залежності. Тому вона може встановлюватися за різними законами з урахуванням того, що на кожному наступному проході круга вона повинна перевищувати величину пружного переміщення, що утворюється на попередньому проході круга. Доведено, що у випадку, коли оброблювана западина зубчастого колеса має симетричний вигляд, у точці мінімуму основного часу обробки уточнення на проході круга дорівнює числу $e \approx 2,72$. Отримані теоретичні рішення погодяться з експериментальними даними. Розроблений технологічний процес зубошліфування за методом профільного копіювання із застосуванням високопористих абразивних кругів дозволяє в 5 разів збільшити продуктивність обробки (при забезпеченні заданої точності обробки) порівняно із традиційно застосовуваним процесом зубошліфування за методом обкату.

Аналітично описані погрішності обробки, обумовлені пружними переміщеннями, що виникають у технологічній системі у ході обробки отворів мірними інструментами. Отримане загальне теоретичне рішення визначення оптимальних умов відносно зменшення похибки обробки отвору у процесі розсвердлювання. Доведено, що існує оптимальна кількість проходів свердла, при якій задану похибку обробки отвору можна досягти за мінімальний основний час обробки. Встановлено, що в цьому випадку уточнення на проході свердла повинно дорівнювати числу $e \approx 2,72$. Це досягається встановленням відповідної подачі й збільшенням діаметра свердла з кожним його наступним проходом. Надано практичні рекомендації щодо підвищення точності обробки отворів.

БИЛИНЕЙНЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ МОСТОВЫМ КРАНОМ

Окунь А.А., Лось Е.А.

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

В данной работе рассматривается двухмассовая модель «тележка – груз» для крана с переменной длиной подвеса. Решается задача о перемещении груза из заданной точки в другую за оптимальное время.

Вопрос построения оптимального управления в модели «тележка – груз» с постоянной длиной подвеса подробно рассмотрен в литературе. С помощью принципа максимума Понтрягина получен вид оптимального управления и точки его переключения, таким образом, в случае постоянной длины подвеса задача полностью решена.

Однако дальнейшее рассмотрение этой модели было связано в основном с усложнением диссипативной функции в уравнении. Учитывалось трение качения тележки по несущему канату, потери на трение в подшипниках колёс, сила ветра. Также рассматривалось уточнение модели, которое учитывало кривизну несущего каната (для кабельного крана). Однако в результате литературного анализа не обнаружено попыток получения вида оптимального управления для таких усложнённых систем.

Кроме того, несмотря на все такие усложнения, во всех рассмотренных исходная модель оставалась линейной и с постоянными коэффициентами. С одной стороны, это являлось значительным преимуществом, поскольку теория оптимального управления для линейных систем имеет самый простой вид. Однако с другой стороны, линейность же являлась ограничением этих моделей, и мешала проводить дальнейшие обобщения.

В данной работе была сделана попытка рассмотреть обобщение исходной модели на случай, когда длина подвеса не является постоянной. При этом полученная задача рассматривалась с двух различных точек зрения. В первом случае, когда предполагалось, что длина подвеса изменяется по некоторому наперёд заданному закону, модель осталась линейной, однако система, которая описывала её движение, становилась системой с переменными коэффициентами. Во втором случае, когда предполагалось, что длиной подвеса можно управлять, модель приобретала вид так называемой биафинной системы. До настоящего времени такие обобщения не рассматривались. Более того, подход к рассмотрению модели как биафинной системы является новым, и в литературе не освещался.

В случае, когда длина подвеса – заранее известная кусочно-линейная функция, получено решение уравнения второго порядка с переменными коэффициентами, к которому сводилась система. В рассмотренных же соответствующей биафинной системы не удалось с помощью использованных в работе факторов показать факт управляемости системы на всём пространстве.

Это означает, что для получения положительных результатов необходимо дальнейшее исследование биафинных и билинейных систем.

АНАЛІЗ І СПІВСТАВЛЕННЯ ВИТРАТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ЗАТВОРІВ

Онищенко А.М.

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

В роботі проведено співставлення і аналіз витратних характеристик механо-гідролічного перетворювача, побудованого за схемою «нерегульований дросель – порожнина – регульований дросель», з затворами різного типу, отриманих дослідним шляхом.

Експеримент показав, що фізична картина процесу руху рідини в каскадній схемі відрізняється від картини руху рідини в клапані. Це пов'язано з тим, що діафрагма (місцевий опір) обмежує витрату рідини. В результаті тиск p_k у міждросельній камері зменшується від тиску живлення $p_{ж}$ при повністю закритому затворі ($\bar{x}=0$) до деякого мінімального значення, близького до величини тиску на злив $p_{зл}$.

Проаналізуємо графік зміни швидкості потоку. Як видно швидкість потоку через діафрагму $v_{ш}$ неперервно зростає з відкриттям затвору. Швидкість потоку v_{1-1} на виході з сопла також неперервно зростає й досягає максимального значення, що відповідає залишковому тиску в міждросельній камері при повністю відкритому затворі. Теоретична швидкість через клапан, включений послідовно з місцевим опором, неперервно зменшується від , що відповідає максимальному перепаду тиску на клапані до величини v_{1-1} максимум. У результаті, теоретична витрата рідини через клапан у каскадній схемі суттєво відрізняється від її величини без місцевого гідролічного опору, який обмежує витрату. Зважаючи на те, що неважко припустити, що його абсолютна величина буде суттєво меншою з відкриттям затвору того ж значення відсутності обмежувального опору.

При розрахунку статичної характеристики каскадної схеми необхідно визначити витрату рідини, як через обмежувальний гідролічний опір, так і клапан.

Проаналізувавши результати експериментальних досліджень у функції переміщення для каскадної схеми, можна сказати, що дійсна витрата в даній схемі, як і у випадку клапана суттєво менше теоретичної. Із співставлення теоретичних характеристик випливає, що найбільша крутизна витратної характеристики притаманна перетворювачу з плоским затвором, а найменша – перетворювачу з конічним затвором. При цьому дійсна витратна характеристика до свого максимального значення наближається також асимптотично. З графіків також витікає, що дійсні витратні характеристики перетворювачів з різними типами затворів практично ідентичні.

Відповідно експерименту, дійсна витрата рідини через перетворювач мало залежить від типу затвору.

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННИХ ГІДРОАГРЕГАТІВ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ГІДРОСИСТЕМ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Панамарьова О.Б.

*Харківський комп'ютерно-технологічний коледж Національного
технічного університету «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з найважливіших компонентів будь-якої мобільної техніки та технологічного обладнання є гідравлічний привод. Для провідних світових виробників намітилася тенденція актуального поєднання гідроприводів з електронними системами керування. При цьому застосовують «інтелектуальні» гідрокомпоненти з вбудованою електронікою і спеціальні засоби комутацій, що дозволяє успішно поєднувати силові та динамічні властивості гідроприводу з можливостями мікроелектроніки та комплексними системами керування, які швидко розвиваються.

Гідроагрегати живлення належать до найбільш поширених пристроїв гідросистем, характеристики та функціональні можливості яких, значною мірою, визначають технічний рівень гідроагрегата та машини в цілому. З урахуванням тенденцій, сучасний гідроагрегат живлення для гідросистем слід розглядати в якості мехатронного пристрою, до складу якого входять насоси та гідроапаратура з електрогідравлічними системами керування. При такому технічному рішенні гідроагрегат живлення для гідросистем розглядається як синергетична сукупність гідромеханічних, електротехнічних, електронних компонентів, а також інформаційних і програмних засобів, що дозволяє розширювати області застосування та надавати агрегатам, до складу яких вони входять, якісно нові характеристики.

При такій компоновці структура гідроагрегата живлення змінюється та ускладнюється. Це відбувається через збільшення кількості елементів різних за природою дії, але синергетично пов'язаних один з одним, систем і підсистем, зміни кількості зв'язків між ними. При описі та дослідженні складних технічних систем ефективно застосовувати ієрархічний підхід, який передбачає розбиття системи на підсистеми різних рівнів, розробку моделей кожної з підсистем, введення пріоритетів для підсистем старших рівнів по відношенню до підсистем молодших рівнів, певну автономність кожної з підсистем.

В статті запропонована структура та багаторівнева ієрархічна модель мехатронного гідроагрегата живлення для гідросистем мобільних машин. В моделі виділяються підсистеми: інформаційна (датчики і система управління); живлення, що містить силові перетворювачі і вторинні джерела живлення; електромеханічного керування (механічні і електромеханічні перетворювачі). Застосування ієрархічного підходу дозволяє створювати аналітичні та стохастичні моделі складних технічних об'єктів, що підвищує точність їх реальному процесу. Ця ієрархічна модель дозволяє на єдиній методологічній основі створювати нові та вдосконалювати існуючі гідроагрегати живлення для гідросистем мобільних і стаціонарних машин.

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ РЕДУКТОРІВ

Пермяков О.А., Клочко О.О., Гасанов М.І., Логашкіна К.Г., Бондар В.В.

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

Перед машинобудуванням поставлено завдання подальшого вдосконалення машин і механізмів, зниження їх ваги, підвищення продуктивності і збільшення експлуатаційної надійності. Виконання цього завдання нерозривно пов'язане з вирішенням проблеми підвищення точності обробки корпусних деталей редукторів. Точність форми і параметри шорсткості зубчастих коліс, впоряджених сполучених поверхонь зібраних редукторів, шпindelних бабок металорізальних верстатів, визначаються передусім параметрами точності і видом зачеплення.

Для черв'ячних циліндричних редукторів точність базування визначається технологічними особливостями типу черв'яка: архімедів ZA, конволютний ZN1 і ZN2, евольвентний і вимогами ГОСТ3675-81. Для конічних редукторів параметри точності визначаються видом конічної передачі: з прямими зуб'ями, ортогональними (ГОСТ19624-74), з круговими зуб'ями з формою зуба I, IIa, IIb, III (ГОСТ19326-73) і з асиметричним профілем. Точність відносного положення зубчастих передач в зібраному редукторі, шпindelної бабки верстата визначає експлуатаційну надійність машини і визначається видом посадок, і фактичних знакоперемнних навантажень.

Досягнення заданих швидкісних і силових параметрів машин, що випускаються у багатьох випадках може бути досягнуте підвищенням точності обробки деталей і їх контролем. Підвищення точності механічної обробки деталей скорочує трудомісткість складання в результаті зниження доводочних робіт. Однією з багатьох завдань, пов'язаних з підвищенням точності в машинобудуванні, є задача підвищення точності відносного розташування базових посадочних поверхонь корпусів ортогональних черв'ячних і конічних редукторів. Одним з основних точностних параметрів ортогональних редукторів є точність кута між осями базових отворів. Відхилення кута між осями отворів в корпусі редуктора викликає зменшення точки контакту, зниження плавності передач і збільшення шуму, і підвищення вібрацій редуктора, що призводить до нерівномірного розподілу навантаження по довжині контактної лінії зачеплення, зменшенням точки контакту і як наслідок підвищення питомих навантажень на локалізованих ділянках зони контактування зацепляемих зубчастих передач, і в кінцевому підсумку до зменшення терміну служби високоточних, важко навантажених редукторів.

Дуже важливим моментом при дослідженні точності позиціонування базових посадочних з ортогональним розташуванням осей отворів є встановлення диференційованих залежностей фактично досягається точності відносного кутового розташування осей отворів конічних і черв'ячних редукторів, і технологічні методи досягнення встановленої точності з використанням сучасних цифрових універсальних приладів на базі індуктивних і фотоелектричних вимірювальних систем для високоточного контролю.

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В МАШИНОБУДУВАННІ

Петренко Н.О., Сагайдачний О.О.

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

Нанотехнології обіцяють цілий ряд вигод від широкомасштабного впровадження в масове виробництво машин. Так, буквально кожен вузол або компонент в конструкції може бути в значній мірі вдосконалений за допомогою нанотехнологій.

Розвиток нанотехнологій обіцяє масове розповсюдження нових конструкційних матеріалів з унікальними властивостями і характеристиками. Найбільший інтерес для інженерів і дослідників представляють вуглецеві матеріали, з яких в даний час найбільш вивченими, а також найбільш перспективними для цілей практичного застосування є вуглецеві нанотрубки (ВНТ). Вони володіють найширшим набором унікальних властивостей, що роблять їх надзвичайно перспективними для використання, зокрема в автомобілебудуванні.

Вуглецеві нанотрубки вже знаходять застосування в конструкції сучасних автомобілів.

Фахівці Інституту проблем надпластичності металів (ІПНМ) РАН розробили методи отримання об'ємних і листових матеріалів сУз однорідною наноструктурою. Дослідники з ІПНМ РАН створили метод всестороннього ізотермічного кування, що дозволяє отримувати метали і сплави з однорідним за розміром зерном діаметром 300-400 нм. Наноструктурований напівфабрикат придатний для зварки тиском і надпластичного формування при температурах на 250–300 °С нижчих, ніж звичайний.

Управляти експлуатаційними властивостями конструкційних матеріалів можна за допомогою деформації. При такій дії відбувається дроблення неметалічних включення. Традиційний відпал, відпуск є ні що інше, як нанотехнології в металургії. В результаті подібних дій вдається отримати сталі, у яких висока міцність поєднується з пластичністю, тобто саме ті властивості, які не вистачає в машинобудуванні. А нанотехнології дозволяють успішно отримувати такі матеріали. Наноструктуровані сталі міцнішими за звичайні в десятки разів.

Великі перспективи з використанням нанотехнологій відкриваються для канатів, так нитка діаметром 1 мм, що складається з нанотрубок, могла б витримати вантаж в 20 т, що в сотні мільярдів разів більше її власної маси (нанотрубки – молекули у вигляді трубки з діаметром біля Нм і довжини в декілька десятків мкм з великим числом атомів).

Розроблені титан-фулеренові покриття володіють важливими механічними, корозійними властивостями, поєднуючи в одному матеріалі високу міцність і високу пластичність.

ДО ПИТАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОПРИВОДУ НА КРАНОВИХ МЕХАНІЗМАХ

Петренко Н.О., Соловйов Є.Б.

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

Однією з основних цілей застосування гідродинамічного приводу у вантажопідйомних, будівельних і дорожніх машинах є очікуване зниження динамічного навантаження елементів трансмісії і металоконструкції. Асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором, оснащений гідромуфтою, здатний працювати в складних умовах шахт і забезпечувати плавний пуск і захист від перевантажень конвеєрів.

Ці ж приводи знайшли застосування відносно недавно в закордонних баштових кранах, хоча вітчизняні вчені (Г.І. Проскура, Д.Н. Тамарін, В.Ф. Гайдамака, П.Г. Лосєв, Б.І. Жермунський) експериментально доводили таку можливість 80 років тому.

Прагнення до безступінчастого регулювання швидкості, спрощення конструкції трансмісій, підвищення керованості, призвело до необхідності обладнання підйомно-транспортної, будівельної, дорожньої техніки, що виробляється серійно, гідрооб'ємними передачами, а сільськогосподарської техніки – гідрооб'ємно-механічною трансмісією (ГОМТ).

Більшість сучасних підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх і меліоративних машин (бульдозери і розпушувачі, фронтальні навантажувачі і лісонавантажувачі, скрепери, автогрейдери, одноківшеві універсальні і багатоківшеві екскаватори, самохідні стрілові крани, дорожні катки, бетоноукладальники, асфальтоукладальники та інші) мають гідравлічний привод робочих органів.

Видається доцільним провести порівняння гідростатичного й електромеханічного (якій найбільш поширений у вітчизняному кранобудуванні у кранів мостового типу та баштових) приводів за енергетичними витратами за цикл. В усталеному режимі при роботі на номінальній швидкості ККД гідростатичного привода менше, ніж ККД електромеханічного привода за рахунок додаткових витрат у насосі й гідромоторі.

Однак, крани є машинами, які більшу частину часу працюють в пуско-гальмівних режимах і незначний час – в усталеному режимі. У перехідних режимах ККД гідростатичного привода більше, ніж електромеханічного. У зв'язку із цією обставою у загальному за цикл витрата енергії на здійснення однакової роботи при однакових тахограмах у гідростатичному приводі виходить меншою, ніж в електромеханічному.

ДО ПИТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ КРАНІВ, ЩО ВІДПРАЦЮВАЛИ НОРМАТИВНИЙ ТЕРМІН СЛУЖБИ

Петренко Н.О., Хабенко М.Є.

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

У наш час до 80% мостових кранів відробили свій нормативний вік роботи. За допомогою методу неруйнівного контролю (НК) можливо визначити реальний стан металу і спрогнозувати ресурс металоконструкції. НК – випробування об'єкта контролю з використанням фізичних методів контролю, що не зачіпають властивостей об'єкта й використання його по призначенню.

Для оцінки залишкового ресурсу використовується фальш-елемент, який встановлюється на одному з несучих елементів металоконструкції, або тензометричний датчик утомності, підключений до сигналізуючої апаратури. Руйнування фальш-елемента або сигнал від датчика утомності інформує експлуатаційників про зупинку роботи і проведення наступного обстеження з метою оцінки залишкового ресурсу на другому етапі діагностування.

Розрахунок на опір утомі виконується для конкретного місця конструкції, потенційно найбільш небезпечного з погляду виникнення утомного руйнування. Це місце називають розрахунковою зоною. Розрахунковими зонами слід уважати такі місця конструкції, в яких поєднуються достатньо великий розмах номінальних напружень від зовнішнього навантаження та істотна концентрація напружень від зварних або болтових з'єднань, галтельних переходів, вирізів тощо.

У більшості випадків розрахункова зона являє собою зварний вузол, розташований в області дії високих (як правило, розтяжних) напружень. Зони можна розділити на дві групи.

До першої групи входять розрахункові зони розташовані в основних перерізах конструкції, в області найбільших розтяжних напружень. Друга група об'єднує розрахункові зони, що являють собою зварні вузли, для яких рівень діючих напружень і/або число циклів навантаження не пропорційні вазі вантажу та числу циклів роботи крана. Це можуть бути: вузли, які сприймають місцеві навантаження від ходових коліс або роликів; вузли статично невизначених конструкцій, завантаженість яких в основному зумовлена перекосом, похибками кранових колій або установки коліс; вузли кріплення кронштейнів, які підтримують галереї або механізми пересування мостових кранів тощо.

РОЗРАХУНОК ПНЕВМАТИЧНИХ АГРЕГАТІВ З УРАХУВАННЯМ ВИТОКІВ ПОВІТРЯ

Полушкін К.О.

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

Основою для проведення динамічного розрахунку пневматичного агрегата служить математична модель його робочого процесу, що є системою алгебраїчних і диференціальних рівнянь, які описують зміну температури й тиску в порожнинах пристроїв агрегата, а також динамічної рівноваги всіх рухомих ланок при певних початкових умовах.

Витоки повітря через нещільності іноді сильно позначаються на динаміці пневматичних агрегатів, збільшуючи витрату повітря і викликаючи розбіжності результатів теоретичних та експериментальних досліджень. Існує два види витоків повітря, характерних для пневмоагрегатів: витоки з пневмоциліндра в атмосферу (зовнішні) і витоки внаслідок перетікання з робочої порожнини у вихлопну (внутрішні). Відповідно до технологічного процесу окремі пневматичні пристрої забезпечені спеціальними каналами або зазорами, через які відбувається перетікання газу з однієї суміжної порожнини в іншу. Тому при розрахунку пневмоагрегатів стає актуальним урахування витоків повітря.

Ускладнює це завдання те, що витрата повітря в таких випадках є функцією не тільки тиску, але й температури, рівняння для визначення якої при розрахунку типового пневматичного агрегата можуть не розглядатися.

Отже, до рівнянь, які утворюють математичну модель роботи пневмоагрегата, для урахування витоків потрібно додати рівняння для знаходження температури хоча б в одній з порожнин пневматичного циліндра.

Рівняння тиску з рівнянням руху виконавчого механізму та рівняннями температури описують математичну модель роботи пневмоагрегата і вирішуються за допомогою методів чисельного інтегрування.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООВОГО ПРОЦЕССА ПРИ РЕЗАНИИ МАТЕРИАЛОВ

Полянский В.И.

ООО «Империя металлов», г. Харьков

В работе рассмотрены вопросы изыскания технологических возможностей уменьшения тепловой напряженности процесса резания на основе математического моделирования параметров теплового процесса при резании. Для этого предложен новый теоретический подход к расчету температуры резания лезвийным инструментом с учетом распределения тепла, выделяемого в процессе резания, между образующейся стружкой и поверхностным слоем обрабатываемой детали. На основе анализа полученной аналитической зависимости для определения температуры резания при точении определены основные условия ее уменьшения. Они состоят главным образом в уменьшении условного напряжения резания (энергоемкости обработки) за счет уменьшения интенсивности трения резца с обрабатываемым материалом в зоне резания путем применения высокоскоростной обработки, а также за счет уменьшения главного угла резца в плане. Показано, что температура резания с увеличением скорости резания и продольной подачи непрерывно увеличивается, асимптотически приближаясь к постоянному значению, равному температуре нагрева образующейся стружки. Это указывает на то, что с увеличением скорости резания и продольной подачи фактически все тепло, образующееся при резании, уходит на нагревание стружки, а в обрабатываемую деталь уходит небольшая часть тепла. В результате появляется возможность повышения качества обрабатываемой поверхности за счет снижения вероятности образования прижогов, микротрещин, микросколов и других температурных дефектов, возникающих на обрабатываемой поверхности. Расчетами установлено, что неучет тепла, уходящего в образующуюся стружку при точении, приводит к существенному увеличению температуры резания до физически неосуществимых при резании значений. Следовательно, приблизить расчетные значения максимальной температуры резания к экспериментальным значениям можно на основе учета баланса тепла, уходящего в образующуюся стружку и поверхностный слой обрабатываемой детали. Даны практические рекомендации по совершенствованию технологии лезвийной обработки на основе снижения тепловой напряженности процесса резания.

На основе полученных теоретических результатов разработаны и внедрены в производство ООО «Империя металлов» (многопрофильного производственного предприятия, являющегося одним из ведущих операторов отечественного рынка формующей оснастки для макаронных и кондитерской отраслей промышленности) эффективные технологические процессы изготовления формующей оснастки для макаронной и кондитерской отраслей промышленности, включая оснастку для производства сахарного печенья, затыжного «крекерного» печенья, песочного печенья, пряников, а также технологические процессы изготовления матриц и фильер для производства всех видов макарон.

МОДЕЛЬ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА МИЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦИКЛОМ АГРЕГАТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Приходько О.Ю., Слипченко С.Е., Евсюкова Ф.М.

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

В работе рассмотрены вопросы использования автоматов Мили и Мура, называемых автоматами I и II рода, в вопросах их использования при осуществлении управления сложными технологическими системами, каковыми и являются производственные автоматические линии. Автономный конечный автомат, начиная с некоторого такта, может лишь генерировать периодическую последовательность состояний. В связи с тем, что последовательное выполнение заданного цикла операций типично для многих областей современной техники, динамические системы, которые в приемлемой идеализации можно рассматривать как автономный автомат, имеют широкое применение.

При проектировании на этапе анализа на основе технического задания выделяются сущности, каждая из которых называется автоматом (например, обрабатывающий центр или силовой агрегат). Состояния каждого автомата первоначально определяются по выделенным состояниям объекта управления или его части, а при большом их количестве – по алгоритму управления, построенному в другой нотации (например, в виде схемы алгоритма). В автоматы также могут быть введены и другие состояния, связанные, например, с неправильными действиями оператора, каждый автомат при необходимости может быть декомпозирован. Итеративный процесс анализа может выполняться многократно и завершается созданием перечня автоматов и перечня состояний для каждого автомата.

Исходными данными для структурного синтеза являются: 1) математическая модель конечного автомата Мили или Мура в виде взвешенного орграфа переходов либо таблицы переходов/выходов, полученная в результате абстрактного синтеза конечных автоматов; 2) набор элементарных автоматов; 3) набор логических элементов, образующих базис и реализующих функционально полную систему булевых функций. Требуется построить функциональную логическую схему автомата в результате поэтапного выполнения алгоритма структурного синтеза конечных автоматов.

Алгоритм структурного синтеза рассмотрим на конкретном примере. Пусть автомат Мили задан графом переходов. Автомат представляет собой элемент модели управления автоматической линией, содержащей три единицы технологического оборудования. В модели применяются накопитель заготовок, робот-манипулятор, транспортная система, робот-манипулятор на позиции обработки, обрабатывающий центр, промежуточный накопитель заготовок, робот-манипулятор и накопитель деталей. Система счисления: двоичная.

ИНЖИНИРИНГ КАЧЕСТВА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЛЕЗВИЙНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА

Руднев А.В.

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

Лезвийный инструмент из сверхтвёрдых материалов, в том числе, из синтетических алмазов находит широкое применение в промышленности.

Особый интерес при этом представляет алмазный инструмент, используемый на чистовых и финишных операциях, к которому предъявляются повышенные требования по точности и качеству. Показателями качества инструмента при оценке различных условий шлифования принято считать шероховатость поверхности, радиус округления и физическое состояние поверхностного слоя. Отмеченные показатели качества шлифованных поверхностей не однозначно влияют на работоспособность (стойкость) заточенного инструмента. Поэтому считается, что оценка работоспособности по другим критериям требует весьма взвешенного подхода.

Здесь может быть весьма полезна концепция инжиниринга качества, предложенная Г. Тагути [1]. Главное в философии Тагути - это повышение качества с одновременным снижением расходов. При этом стоимость изготовления и качество анализируются совместно. При анализе важно рассматривать затраты, как со стороны потребителя, так и со стороны производителя. Существует множество подходов, реализующих идею инжиниринга качества. Основной же его идеей следует считать необходимость постоянного совершенствования процессов и как следствие качества продукции. Согласно методу Тагути, качество не должно рассматриваться как мера соответствия требованиям стандартов, т.к. зачастую требуется не просто факт нахождения показателя в пределах допуска, а учёт фактора неравноценности значений показателя внутри допуска.

Основываясь на идее инжиниринга качества, был проведен анализ исследуемого процесса шлифования двухслойных пластин из синтетических алмазов марки АТПМ и работоспособности инструмента из них. Суммарная технологическая себестоимость выступает в данном случае в качестве интегрального показателя качества [2], который можно сравнить с функцией надёжности Тагути. При этом стойкость резца отражает суммарную технологическую себестоимость, что важно для потребителя.

Показано, что на чистовых режимах шлифования пластин марки АТПМ, несмотря на более высокие значения себестоимости шлифования, основной вклад в снижение суммарной технологической себестоимости вносят качественные показатели, обеспечивающие более высокую стойкость шлифованных инструментов (длину пути резания).

Литература:

1. Лapidус В. А. Гуру менеджмента качества и их концепции: Э. Деминг, Дж. Джуран, Ф. Кросби, К. Исикава, А. Фейгенбаум, Т. Тагути / Лapidус В. А. // <http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/mech/tsunikova/library/2.htm>
2. Узунян М. Д. Инжиниринг качества шлифования / Узунян М. Д. // Резание и инструмент в технологических системах. – 2005. – Вып. 69. – С. 329 – 334.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Рябенков И.А.

*Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков*

В работе показано, что процесс шлифования характеризуется относительно высоким уровнем энергоемкости обработки в связи с наличием трения связки круга с обрабатываемым материалом. Это увеличивает вероятность появления на обрабатываемых поверхностях деталей различных температурных дефектов, что снижает их эксплуатационные свойства. Поэтому для высококачественной обработки деталей на финишных операциях шлифования необходимо уменьшить температуру резания за счет регулирования режимами резания, характеристиками круга и другими условиями обработки.

В связи с этим в работе, на основе упрощенного подхода к расчету температуры резания при шлифовании, получены новые аналитические зависимости для определения температуры резания в условиях финишной обработки по методу многопроходного шлифования с учетом распределения тепла, уходящего в обрабатываемую деталь и образующиеся стружки. Показано, что основная часть образующегося при многопроходном шлифовании тепла, уходит в обрабатываемую деталь, а в образующиеся стружки уходит небольшая часть тепла. Поэтому учет тепла, уходящего в обрабатываемую деталь, приводит в соответствие теорию и практику шлифования. Теоретически установлено, что характер изменения плотности теплового потока вглубь поверхностного слоя обрабатываемой детали несущественно влияет на абсолютные значения и характер изменения температуры резания при шлифовании, а также глубины проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали. Это согласуется с результатами экспериментальных исследований глубины проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали, что свидетельствует о достоверности полученного теоретического решения и возможности его практического использования для определения оптимальных условий обработки при многопроходном шлифовании по температурному критерию. Показано, что основным условием уменьшения температуры резания при шлифовании является уменьшение условного напряжения резания, которое оказывает наибольшее влияние на температуру резания. Теоретически установлено, что при заданной удельной производительности обработки уменьшить температуру резания при шлифовании можно уменьшением глубины шлифования, т.е. применением многопроходного шлифования. В работе установлено также, что в отличие от известных решений классического уравнения теплопроводности при шлифовании, когда глубина проникновения тепла в поверхностный слой материала бесконечна, и в связи с этим нельзя однозначно определить истинное значение нарушенного (дефектного с точки зрения теплового воздействия) слоя обрабатываемого материала, в предложенном решении глубина проникновения тепла в поверхностный слой материала принимает конечное решение. Это приводит в соответствие теорию и практику определения температуры резания при механической обработке.

УМЕНЬШЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ

Рябенков И.А.¹, Новиков Ф.В.²

¹Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, ²Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, г. Харьков

В работе проведен теоретический анализ закономерностей формирования шероховатости поверхности для различных кинематических схем абразивной обработки, включая схемы обработки свободным и связанным абразивом. Показано, что при лезвийной обработке шероховатость поверхности формируется в результате копирования профиля режущего лезвия инструмента с учетом кинематики его движения. При абразивной обработке шероховатость поверхности формируется в результате массового наложения и перекрытия проекций зерен на обрабатываемую поверхность. Чем больше зерен участвует в процессе резания, тем больше перекрытий проекций зерен и меньше максимальная высота микронеровностей обработанной поверхности. Поэтому с целью уменьшения максимальной высоты микронеровностей обработанной поверхности необходимо использовать методы абразивной обработки, которые обеспечивают максимально возможное количество одновременно работающих зерен.

Показано, что схемы обработки связанным абразивом (схемы шлифования) характеризуются высокой производительностью, однако с точки зрения уменьшения шероховатости поверхности ограничены своими возможностями. Установлено, что уменьшить шероховатость поверхности при круглом наружном шлифовании можно увеличением количества одновременно работающих зерен на рабочей поверхности круга и длины дуги контакта круга с обрабатываемой деталью, применяя, например, охватывающее шлифование. Эффективно использовать также шлифовальные круги с плосковершинными зёрнами, образованными за счет дополнительного механического воздействия на них алмазным правящим карандашом. В результате обеспечивается фактически одновысотное выступание зерен над уровнем связки и увеличение количества одновременно работающих зерен. При обработке отверстия эффективно шлифование производить торцовой поверхностью круга, имеющей форму окружности и обеспечивающей наибольшую площадь контакта с обрабатываемым отверстием. Показано, что за счет установки оси вращения шлифовального круга с индивидуальным приводом перпендикулярно оси вращения обрабатываемого отверстия детали и применения мягкого войлочного (фетрового) круга с наклеенным слоем абразивного порошка 63С 20П достигнута шероховатость поверхности $R_a=0,04$ мкм, чего нельзя добиться при обычном внутреннем шлифовании абразивными и алмазными кругами. Показано, что в этом направлении наибольший эффект обработки можно достичь за счет применения процесса хонингования, когда диаметр хона равен диаметру обрабатываемого отверстия, а в резании одновременно участвует наибольшее количество зерен.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПОСЛЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

Рязанова-Хитровская Н.В., Пупань Л.И., Пыжов И.Н.

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

Одной из наиболее определяющих характеристик поверхностного слоя деталей машин являются остаточные напряжения. Остаточные напряжения — это напряжения, действующие в детали после любых видов механической и термической обработок. Обычно остаточные напряжения классифицируют по протяженности силового поля и их физической сущности [1,2,3,4,5].

Основная особенность цилиндрических деталей состоит в том, что кроме окружных и радиальных остаточных напряжений, в них могут существовать осевые остаточные напряжения (рис. 1) [1].

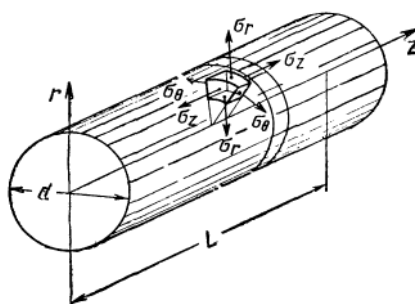


Рисунок 1 – Остаточные напряжения в цилиндре [1]

В работе [6] был предложен подход к определению остаточных напряжений в поверхностном слое детали после алмазного выглаживания, основанный на использовании взаимосвязи эквивалентных напряжений ($\sigma_{\text{экв.}}$) с режимами обработки стальных деталей. В свою очередь для определения $\sigma_{\text{экв.}}$ была использована методология 3D моделирования НДС зоны контакта выглаживателя с деталью [7]. В дальнейшем на базе использования результатов работ [6-7] планируется рассчитать остаточные напряжения в поверхностном слое деталей и сравнить их с литературными данными. Это может позволить в дальнейшем использовать такой подход для назначения режимов алмазного выглаживания.

Литература:

1. Биргер И. А. Остаточные напряжения. М.: Машиностроение, 1963. 232 с.
2. Давиденков Н. Н. К вопросу о классификации и проявлении остаточных напряжений // Заводская лаборатория. 1959. № 3. С. 318–319.
3. Давиденков Н. Н. К итогам дискуссии «О классификации и проявлении остаточных напряжений» // Заводская лаборатория. 1960. № 7.
4. Подзей А. В., Сулима А. Н., Евстигнеев М. И. Технологические остаточные напряжения. М.: Машиностроение, 1973. 216 с.
5. Радченко В. П., Саушкин М. Н. Ползучесть и релаксация остаточных напряжений. М.: Машиностроение-1, 2005. 226 с.
6. Удовиченко А.В. «Определение остаточных напряжений в поверхностном слое детали после алмазного выглаживания» / Удовиченко А.В., Рязанова-Хитровская Н.В., Пупань Л.И., Пыжов И.Н. // XI Международная научно-практическая конференция магистрантов и аспирантов – Харьков, 2017.
7. Рязанова - Хитровская Н. В. Исследование напряженно-деформированного состояния зоны обработки при алмазном выглаживании / Н. В. Рязанова – Хитровская И. Н. Пыжов // Резание и инструмент в технологических системах – Харьков: НТУ «ХПИ», 2016.- с. 151-159.

К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАСТИНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Савченко Н.Ф.
ХНЭУ, г. Харьков

В настоящее время разработано несколько способов защиты от коррозии внутренней поверхности изделий или их восстановления. Наиболее часто применяются такие способы: металлизация, гальванические способы, запрессовка коррозионно-износостойких пластин, наплавка на внутреннюю поверхность порошков, восстановление нагревом и т.д.

Для устранения недостатков существующего технологического процесса (длительность работ в случае выхода из строя дефицитных изделий, сложность их замены) предлагается использование для коррозионной стойкости или при восстановлении изделий метод пластинирования, или футеровки. Его особенностью можно считать использование специальной формы пластин или обечайки, плотно, с натягом, прижатых к основной детали. В соответствии со способом внутренняя поверхность детали футеруется обечайкой. При использовании предложенного способа (А.с. №1453712) в полости детали размещают тонкостенную обечайку 2, периметр которой превышает периметр внутренней цилиндрической поверхности тела детали 1 для создания условий плотного контакта и при необходимости регулируемого натяга соприкасающихся поверхностей обечайки и внутренней поверхности детали.

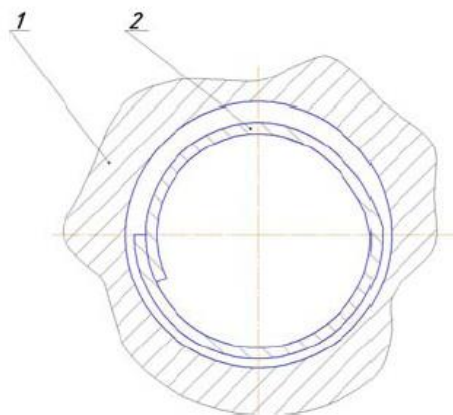


Рис.1 Схема пластинирования
(футеровки)

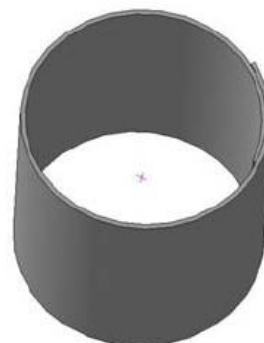


Рис.2 заготовка (обечайка) –
модель в 3D

Величина натяга обеспечивается искусственным увеличением периметра обечайки на величину, большую в пределах упругости величину периметра внутреннего отверстия детали. В соответствии с особенностями технологии (как ее преимущество) возможен широкий выбор вариантов выполнения заготовки. Количество вариантов определяется ассортиментом, имеющихся в распоряжении марок сталей и цветных сплавов и выбираемых для тонкостенной обечайки по конструктивным и технологическим соображениям (минимальное количество доработок конструкции, надежность и безопасность, коррозионная стойкость).

Предложена методика расчета основных технологических параметров.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ КАК ВАРИАНТ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Савченко Н.Ф.
ХНЭУ, г. Харьков

Повышение конкурентоспособности малого предприятия в условиях рынка как одно из стратегических направлений, может осуществляться с учетом комплексной оценки вариантов развития предприятия. Оценка эффективности каждого из вариантов, выбор после этого стратегии развития предприятия, требуют анализа совокупности критериев, разработанных с учетом принципов системного подхода. Поэтому повышение эффективности ресурсо-энергосбережения – одна из актуальных задач эффективного функционирования современных предприятий, решение которой не возможно без использования прогрессивных технологических процессов.

Именно с таких позиций технологический аудит и предполагает проверку технических методов, приемов и процедур, используемых в организации, с целью оценки их производительности и эффективности. В результате становится возможным расширение представлений о возможности использования альтернативных технологий (в частности, их внедрения на предприятии или, что может быть значительно эффективнее, использования по контракту как услуги сторонних организаций).

При проведении технологического аудита важно не только выявление наиболее ресурсозатратных участков предприятия, но и преодоление сложности определения наиболее рациональных (оптимальных) технологических решений, сформировать технологическую стратегию предприятия. В целом оценку состояния техники и технологии в цехе или на предприятии с позиций ресурсо – энергосбережения можно оценить, используя комплекс относительных и абсолютных показателей. Так, уровень прогрессивных технологических процессов к их общему объему может характеризовать наукоемкость и возможности малого предприятия изготавливать ту или иную продукцию, время выхода на рынок, гибкость предприятия.

Реализация технологической стратегии предусматривает также и использование лицензий и патентов, повышение эффективности этапа коммерциализации новшества из-за сокращения периода выхода продукции на рынок.

Технологический аудит в условиях малого предприятия предполагает высокую профессиональную подготовку кадров, их мобильность и должен выступать в качестве инструмента формирования и реализации технологической стратегии предприятия. Для обеспечения его эффективности предложено использовать разработанную систему «Электронный паспорт технологических возможностей малого предприятия». Это позволяет обоснованно принимать решения о выборе технологических процессов, замене или модернизации оборудования, а также разработке и внедрении новой продукции.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ОТВОРАМИ НА ОСНОВІ НОВОГО ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДА

Сало В.А., Нечипоренко В.М.

*Національна академія Національної гвардії України,
м. Харків*

Ускладнення оболонкових елементів конструкцій сучасної техніки приводять до необхідності розвитку механіки пружних оболонок та побудови їх уточнених моделей. Однак достаток нерідко суперечних один одному існуючих варіантів прикладних теорій створює певні утруднення у виборі уточненої теорії для виконання конкретних розрахунків. Тому розробка надійних методів розрахунку на міцність та жорсткість пружних оболонкових конструкцій є актуальною науковою проблемою, розв'язання якої має важливе значення.

Один із можливих шляхів оцінки прийнятності прикладних теорій оболонок полягає в зіставленні отриманих на їхній основі розв'язків із результатами розв'язання тривимірних задач. Результати такого зіставлення не дають остаточної відповіді на питання про придатність обраної теорії у всіх випадках, однак проведення таких зіставлень у широкому діапазоні зміни параметрів дає можливість із більшим ступенем упевненості й обґрунтованості вказати ті значення параметрів, при яких виконуються прийняті припущення.

Варто мати на увазі, що існуючі прикладні теорії оболонок не містять регулярного процесу уточнення і мають певну область свого застосування. У цьому плані представляє науково-практичний інтерес чисельно-аналітичний RVR-метод розв'язання в тривимірній постановці крайових задач для статично навантажених пружних оболонок (зокрема, пластин), як однозв'язних, так і ослаблених отворами довільних розмірів і форм. Зазначений метод ґрунтується на варіаційному принципі Рейсснера, методі І.М. Векуа, теорії R-функцій і загальних рівняннях тривимірної теорії пружності. Програмно здійснюваний в RVR-методі алгоритм апостеріорної двосторонньої інтегральної оцінки точності наближених розв'язків варіаційних задач є надійним засобом перевірки вірогідності чисельних результатів, оскільки його ефективність підтверджена чисельними дослідженнями збіжності розв'язків крайових задач різної складності та задовільною відповідністю отриманих результатів з відомими в літературі чисельними й експериментальними даними.

В роботі RVR-методом виконано чисельне розв'язання конкретної прикладної задачі при дослідженні напруженого стану циліндричної панелі – відповідального пружного оболонкового елемента ротора, що знаходиться під дією відцентрового навантаження. Досліджуваний ротор машини ослаблений з технологічних міркувань прямокутними вирізами із закругленнями. У роботі розглянутий вплив величини радіуса галтельного закруглення на напружено-деформований стан розрахункової області пружної панелі. Проведені чисельні дослідження підтверджують перспективну можливість ефективного використання RVR-методу при проектуванні відповідальних оболонкових елементів конструкцій у різних галузях сучасної техніки.

КЛАССИФИКАЦИЯ СОРТОВ ЧУГУНА В XIX ВЕКЕ

Ситников П.А., Крахмалев А.В.

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

Металл, который на практике называют железом, на самом деле является низкоуглеродистой сталью, т.к. он всегда содержит некоторое количество углерода и других примесей. Техническое железо (мягкую сталь) получали непосредственно из руд сыродутным способом в небольших древесноугольных плавильных горнах с кожаными мехами для дутья. В дальнейшем при увеличении высоты горна, увеличении воздушного дутья и повышении температуры в горне стал получаться в жидком состоянии чугуна.

Классификация сортов чугуна в XIX веке основывалась на различиях в цвете, твердости и пр. и при отсутствии химического анализа. Однако, допуская равные условия охлаждения (если речь идет о сортах чугуна, полученных при одинаковых условиях из одинаковых доменных печей), можно считать, что характер зерен, (а этот момент учитывался при классификации), который определяет содержание кремния, а следовательно углерода, должен давать указания о проценте содержания углерода; крупнозернистость указывает на большое содержание углерода. Различаются следующие сорта чугуна: № 1 спелистый, № 1 чистый, № 2 рябой, № 3 пестрый, № 4 яркий.

№ 1 спелистый – вероятно от «спели» – листочки графита, выделяемые расплавленным чугуном при его застывании – признак насыщенности углеродом.

№ 1 чистый чугун темно-серого цвета, весьма мягкий. В изломе крупнозернистый; при выпуске течет тихо и слитки, из него вылитые, имеют поверхность гладкую и вогнутую. Получается при избытке угля.

№ 2 рябой чугун имеет сложение зернистое; зерна мельче и тверже, чем у чугуна № 1. Очень жидок и играет радужными цветами. Серого цвета. Слитки имеют поверхность выпуклую, с глубокими ноздринками.

№ 3 пестрый чугун мелкозернистый в изломе, белого цвета с большими белыми пятнами или белый с серыми пятнами (с меньшим содержанием углерода, чем № 2).

№ 4 яркий чугун – самый твердый и блестящий, в изломе белый.

По своему производственному назначению чугуны разделялись на 1-й сорт «пушечный», получавшийся из озерных руд, и 2-й сорт «снарядный» из болотных руд.

Указанные номера чугунов по производственному назначению имели следующие различия. Чугун № 1 по мягкости не годился для отливки орудий. Подвергаясь переплавке в воздушных печах, он переходит в чугун № 2; чугун № 2 – литейный, который шел преимущественно на литье орудий и другие отливки; чугун № 3, подвергаясь переплавке в воздушных печах, переходил в № 4; чугун № 4 – передельный чугун.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНКОВ С
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ
ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ**

Степанов М.С., Иванова М.С., Миргородский С.С.

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

Драгоценные камни служат не только для украшения, они также нашли широкое применение в промышленном производстве. Например, более 30 % объема работ по бурению выполняют с помощью алмазных коронок, что позволяет более чем в три раза снизить производственные затраты.

Драгоценные камни применяются также в металлообработке, приборостроении, электроламповой и кабельной промышленности при протяжке тонкой проволоки. Цирконы используются в ядерных реакторах, металлургии и авиационной технике, корунды – как абразивный материал для деталей оптических квантовых генераторов, турмалины – в оптике и радиоэлектронике.

Обработку этих материалов ведут с крайней осторожностью. Каждый из них по-разному реагирует на действие различных факторов. Одни камни (например, топаз) не чувствительны к температурным воздействиям, однако сильно реагируют на механические воздействия и удары. Другие – наоборот.

При повышении производительности обработки следует обеспечить параметры точности и качества. Точность обработки на станках во многом определяется их жесткостью. Относительно невысокая жесткость станков с параллельной кинематикой (гексаподов) влечет за собой пространственные изменения положения узлов и деталей станков, тем самым нарушая первоначальную настройку станка. Это ограничивает область применения подобного оборудования.

Исследованиями установлено, что в результате действия незначительных сил резания, возникающих при шлифовании, жесткость станка практически не влияет на параметры точности и качества. Кроме того, для сохранения свойств камней, которые изменяются под действием температуры, следует обеспечить малые силы резания.

Поэтому, рациональное назначение режимного параметра продольной подачи является важной научно-практической задачей.

В станках с параллельной кинематикой продольную подачу можно реализовать по двум кинематическим схемам:

- при подвижной нижней платформе гексаподы (при этом подача осуществляется отдельным приводом стола);
- при неподвижной нижней платформе гексаподы (при этом подача осуществляется с помощью гидравлических цилиндров с обеспечением точного соотношения скоростей штоков).

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ШЛИФОВАНИЕМ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТАНКА

Степанов М.С., Иванова М.С., Иванова Л.П.

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

Выделение тепла в зоне шлифования вызывает неравномерный нагрев станка и, как следствие, изменение первоначального положения его узлов в пространстве, что снижает первоначальную точность, полученную при настройке станка.

Возрастающие требования к параметрам точности круглошлифовальных станков и их широкая автоматизация усиливают особенности протекания тепловых процессов, что вызывает необходимость в более точном определении температурных полей и температурных деформаций.

При шлифовании тепло, идущее на нагрев станка, может составлять 15 % от количества тепла, выделяемого в процессе резания. Температурные погрешности могут составлять до 60-80 % общей погрешности обработки.

Отличительным признаком обработки на шлифовальных станках является то, что колебание припусков, сил резания и упругих перемещений оказывает незначительное влияние на формирование требуемой точности, вместе с тем влияние составляющей тепловых деформаций в общей погрешности особенно значительно.

Охлаждающее (нагревающее) действие СОЖ на элементы технологической системы в цикле шлифования (циклическая подача СОЖ) в большей степени влияет на величину поля рассеяния размеров в партии деталей.

Однако до сих пор в полной мере не установлена связь между тепловыми деформациями элементов круглошлифовального станка и изменением температуры СОЖ. Применение СОЖ снижает температуру в зоне резания, однако повышает средневзвешенную температуру станка, в связи с чем в круглошлифовальных станках до 80% мощностей резания приходится на нагрев СОЖ, а избыточная температура СОЖ на выходе из станка может составлять от 5 до 30 °С и более.

Температурные деформации могут быть уменьшены снижением степени влияния тепловых деформаций на точность станка за счет мероприятий в системе применения СОЖ:

- стабилизации температуры СОЖ в цикле шлифования;
- ограничение возможности контакта СОЖ с элементами технологической системы (шлифовального станка);
- коррекция цикла обработки на основе анализа изменения температурных деформаций во времени и соблюдение необходимого соотношения между машинным и вспомогательным временем.

Прогнозирование ожидаемых погрешностей обработки в зависимости от теплового режима функционирования СОЖ и применение методов их снижения позволяет повысить точность обработки при шлифовании.

НЕУРАВНОВЕШЕННАЯ РАДИАЛЬНАЯ СИЛА РЕЗАНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ОСЕЙ СТУПЕНЕЙ КОМБИНИРОВАННОГО ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА

Степанов М.С., Иванова М.С.

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

При изготовлении цельного или сборного комбинированного осевого инструмента (КОИ) оси его ступеней могут не совпадать с осью вращения, образуя эксцентриситет, что приводит к неравенству глубин резания, приходящихся на режущие кромки ступеней КОИ, а это вызывает появление неуравновешенной радиальной силы ΔP_y на соответствующей ступени. При этом, оси ступеней могут быть смещены как в противоположные стороны (рис. 1,а), так и в одном (рис. 1,б) направлении.

Неуравновешенная радиальная сила на первой ступени ΔP_{y1} :

$$\Delta P_{y1} = P_{y11} - P_{y12} = C_p \cdot (a_{11} \cdot b_{11} - a_{12} \cdot b_{12}) = \frac{1}{2} C_p \cdot S \cdot (t_{11} - t_{12}) = C_p \cdot S \cdot e_1,$$

где C_p – коэффициент, учитывающий постоянные условия обработки, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подачу СОЖ; S – подача.

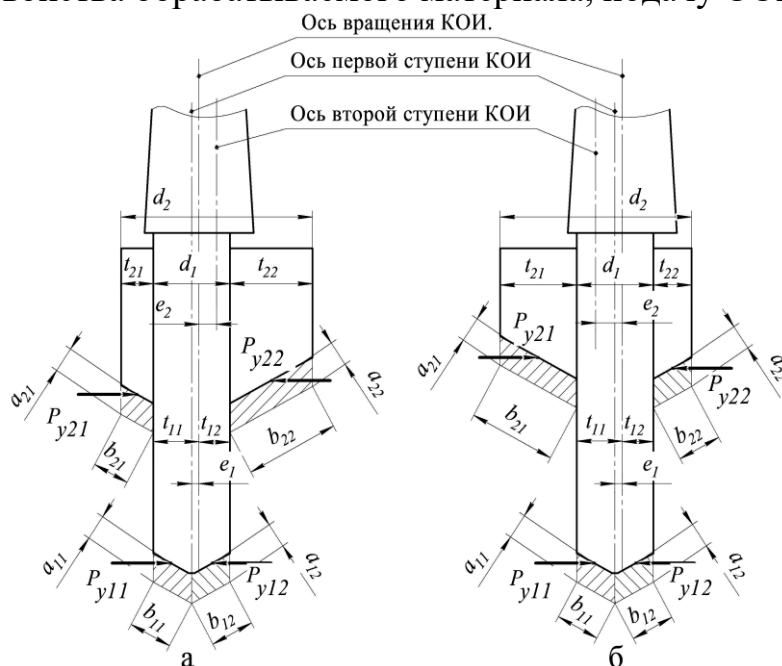


Рисунок 1 – Расчетная схема

Неуравновешенная радиальная сила на второй ступени ΔP_{y2} :

$$\Delta P_{y2} = P_{y22} - P_{y21} = C_p \cdot (a_{22} \cdot b_{22} - a_{21} \cdot b_{21}) = \frac{1}{2} C_p \cdot S \cdot (t_{22} - t_{21}) = \pm C_p \cdot S \cdot (e_2 \pm e_1),$$

где знак «плюс» применяется при смещении осей в противоположном направлении, знак «минус» – одном.

Отрицательное значение силы ΔP_{y2} указывает на то, что она действует в противоположном направлении.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ОГИБАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Французов В.И.

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

Наличие обобщенных структурных [1] и аналитических [2, 3] моделей огибающих инструментальных поверхностей, как совокупности унифицированных матричных операторов, параметрических координатных уравнений исходной (формообразуемой или формообразующей) поверхности, формообразующих движений, уравнения касания и соответствующей системы аффинных и независимых параметров, позволяет максимально формализовать процесс моделирования формообразования. При этом, формализуется получение как аналитических, так и числовых образов всех элементов процесса формообразования.

Для каждого конкретного способа формообразования задача определения аналитических образов элементов процесса формообразования сводится к преобразованию соответствующих обобщенных параметрических уравнений, учитывая значения аффинных параметров на уровне «равно или не равно нулю».

При определении числовых образов элементов модели рассматриваемого процесса формообразования, формализация моделирования означает определение значений аффинных и независимых параметров с учетом особенностей исходной поверхности и кинематики формообразования.

Следует отметить, что высокий уровень формализации обеспечивается как для прямой, так и для обратной задач формообразования.

Литература:

1. Французов В.И. Унифицированная матричная структура отображения как обобщенная модель конструирования и формообразования //Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Тр.Международ.науч.-техн.конф., Харьков, 12-14 мая 1997 г. В пяти частях. Ч.2.- Харьков: Харьк.гос.политехн.ун-т, 1997.- с. 410-412. 2. 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, с. 171-173. 3. 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: Харьк.держ.політехн.ун-т, 1999. – с. 224-226.

ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ СВЕРЛЕНИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Хавин Г.Л., Шептухин Н.Ю.

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

Одним из определяющих факторов при сверлении полимерных композитов на основе стеклянных и углеродных волокон является износ инструмента. Высокая абразивная способность этих материалов приводит к быстрому изнашиванию режущих кромок инструмента и нарушению его первоначально выбранной геометрии. Последнее обстоятельство становится причиной ухудшения качества просверленных отверстий, появлению прижогов и сколов. Определение оптимальной геометрии инструмента в каждом конкретном случае должно включать в себя учет закономерностей износа инструмента. Кроме того, использование тех или иных модификаций инструмента, путем характерного затачивания или подтачивания, должно учитывать также его будущее изнашивание в процессе сверления.

Изнашивание сверл в процессе обработки композитов напрямую определяет стоимость операции сверления. Гарантированное качество обработки требует рационального (лучше оптимального) выбора геометрии взятого типа инструмента и во многом определяет выбор режимных параметров обработки. По истечению гарантированной стойкости работы инструмент следует перетачивать. Стоимость операции затачивания во многом зависит от типа инструмента. Для многих специальных инструментов это крайне дорогая операция, выполняемая на специально разработанных для этого станках.

Изнашивание сверла в процессе обработки отверстий приводит не только к ухудшению качества отверстий за счет появления сколов, расслоений и разломачиваний, но и к росту температуры в очаге деформаций, что, в свою очередь, приводит к деструкции связующего, его налипанию и даже выгоранию. Рост температуры вершины инструмента приводит к усилению эффекта его затупления, что стимулирует его еще более интенсивный износ. Поэтому определение характера изнашивания и критерия затупления являются важнейшими задачами проектирования операций сверления композитов.

Большинство проведенных экспериментов по определению закономерностей изнашивания при сверлении ПКМ основано на определении потери веса инструментом до и после работы. При этом изменение формы инструмента не определяется. Несмотря на многочисленные данные о том, что в большинстве случаев наиболее интенсивный износ наблюдается по задней поверхности инструмента, значительные изменения формы наблюдаются по передней грани, в том числе и закругление режущей кромки. Создание математической модели распределения потери веса по режущим граням инструмента и предсказание интенсивности протекающих процессов является актуальной задачей и целью настоящего исследования.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ШЛАНГОВОГО БЕТОНОНАСОСА

Чайка Д.О.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры,
г. Харьков*

Динамические характеристики бетононасоса, определяются его конструктивными особенностями и крутящим моментом на валу гидромотора (ГМ). В момент пуска ГМ (бетононасоса) момент на валу ГМ должен быть достаточным, чтобы преодолеть момент нагрузки $M_{\text{нагр}}$, обусловленный ускорением или замедлением вращающихся частей ГМ и моментом сопротивления нагрузки M_R , т.е.

$$M_{\text{нагр}} = (J_M + J_R) \frac{d\omega}{dt} + M_R, \quad (1)$$

где J_M – момент инерции собственно ГМ; J_R – момент инерции нагрузки; ω – частота вращения; t – время.

Из равенства $M = M_{\text{нагр}}$ следует

$$(J_M + J_R) \frac{d\omega}{dt} + \frac{k_\mu V_0}{2\pi} \omega = \frac{V_0 \Delta p}{2\pi} (1 - k_p) - M_R, \quad (2)$$

где k_p и k_μ – коэффициенты пропорциональности; V_0 – рабочий объем ГМ; Δp – перепад давления на ГМ.

При $M_R = \text{const}$. Уравнение (2) относительно ω является дифференциальным уравнением первого порядка. Если во время переходного процесса Δp на ГМ поддерживается постоянным, то все коэффициенты уравнения (2) – постоянные величины. Введем обозначения:

$$T = \frac{2\pi(J_M + J_R)}{k_\mu V_0}; \quad k = \frac{\Delta p V_0 (1 - k_p) - 2\pi M_R}{k_\mu V_0}. \quad (3)$$

Тогда уравнение (2) может быть записано в виде:

$$T \frac{d\omega}{dt} + \omega = k. \quad (4)$$

Уравнение (4) – уравнение инерционного звена первого порядка. Его решение при начальных условиях $t = 0$, $\omega = 0$ и $\omega = \omega_{\text{max}}$ показано на рис.1.

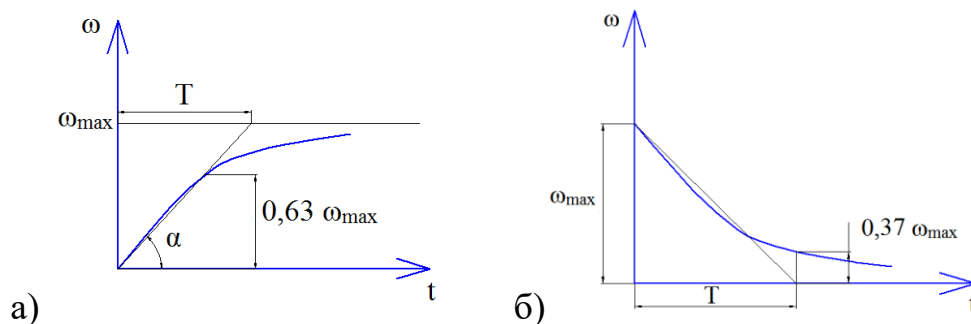


Рисунок 1. График переходного процесса бетононасоса при разгоне (а) и торможении (б)

**ЕДИНАЯ СИСТЕМА ПЕРВИЧНЫХ БАЗОВЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ
ОБЪЕКТОВ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ.
УРОВЕНЬ Q ГУСЕНИЧНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ**

Чернышев В.Л.¹, Шипулин А.А.²

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»¹,
Харьковское конструкторское бюро по машиностроению
имени А.А. Морозова², г. Харьков*

При разработке новых и модернизации существующих образцов БТТ возникает необходимость в оценке принимаемых технических решений. Широкое применение получили аналитические методы моделирования.

Развивая работу [1], предлагается перечень исходных данных по гусеничному движителю танка Т-64Б (уровень Q табл. 1)

Таблица 1. Уровень Q.

№ п/п	Параметр	Размерность	Величина
1	Маркировка	-----	434.55сб-16СБ
2	Фирма-разработчик	-----	ХКБМ
3	Год разработки/производства		1966/1967
4	Общая масса гусеницы	кг	1450
5	Число траков в обводе	шт.	78-79
6	Масса трака в сборе	кг	18.48
7	Масса элементов трака: гребень/ башмак/палец/звено/серьга	кг	2.1/1.073/2.276/ 3.30/1.429
8	Шаг гусеницы	мм	164
9	Ширина гусеницы	мм	540
10	Тип беговой дорожки	-----	Металл-металл
11	Тип шарнира	-----	Параллельный с РМШ
12	Марка резины	-----	ИРП-1392
13	Радиальная жесткость РМШ	Кн/мм	112
14	Угловая жесткость РМШ	Нм/град	16
15	Изгибная жесткость	КН/мм	54.6
16	Сила статического натяжения	Кн	30
17	Ресурс работы гусеницы	км	12000
18	Стоимость одной гусеницы в ценах 1985 года	рубли	1900

Литература:

1. Чернышев В.Л., Акиншин А.Г. Система базовой информации концептуальной фазы разработки бронетанковой техники.// Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції, Ч.І (20-22 травня 2016 р., Харків) / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – с.172.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСІВ РЕДУКТОРІВ З ОСЯМИ ОТВОРІВ, ЩО СХРЕЩУЮТЬСЯ ТА ПЕРЕСІКАЮТЬСЯ

Шелковий О.М., Клочко О.О., Гасанов М.І., Логашкіна К.Г., Бондар В.В.

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

Теоретична та експериментальна точність відносного розташування паралельних осей отворів при різних методах розточування в корпусах редукторів предметно досліджені і обґрунтовані. Для ортогональних редукторів недостатньо вивчені процеси обробки отворів з пересіченими і мимобіжними осями, що забезпечують технологічну точність по досягненню необхідних параметрів взаємного розташування осей і якості точності отворів.

Технологічне обґрунтування підвищення точності виготовлення корпусів редукторів з мимобіжними і пересіченими осями отворів базується на дослідженні і науковій розробці схем класифікації складових сумарної похибки відносного ортогонального положення цих отворів, проведення інтегральних досліджень складових сумарної похибки, розробки удосконалених засобів контролю розташування осей корпусів ортогональних редукторів.

Вимоги до точності відносного розташування осей отворів у корпусах конічних редукторів залежить від необхідної точності розташування стягуються передач. Точність просторового положення осей конічної пари визначається як величина мінімальної відстані між осями обертання пов'язаних зубчастих коліс передачі, величиною зміщення вершини дільного конуса вздовж його осі від точки перетину осей зубчастих коліс передачі, відхиленням міжосьового кута $\Delta\varphi$. І визначається як різниця між дійсним і номінальним міжосьовими кутами в передачу, виражена у лінійних одиницях на базовій довжині r і довжині L утворює дільного конуса. На ці параметри призначаються допуски: допуск на перетин осей Δa , граничні зміщення вершини дільного конуса: верхнє та нижнє $\Delta v. k.$ і $\Delta n. k./$, граничні відхилення міжосьової кута: верхнє $\Delta\varphi_{fd}$ і нижнє $\Delta\varphi_{fn}$.

Величина зміщення вершини дільного конуса зазвичай регулюється при складанні і тому не знаходить відображення в допусках на точність відносного положення отворів у корпусі. Для черв'ячних редукторів точність просторового положення осей черв'ячної пари визначається відхиленням міжосьової відстані передачі, граничним зміщенням середньої площини колеса і черв'яка в передачі. Визначається як величина найкоротшої відстані між середньою площиною черв'ячного колеса і загальною нормаллю до осі черв'яка і колеса у зібраній передачі, допуском на перекіс (схрещування осей обертання передачі δu). Перекіс осей визначаються як величина відхилення кута схрещування осей черв'яка і колеса, виражена в лінійній величиною на ширині колеса по ГОСТ 3675-81 або на половині робочої довжини черв'яка по ГОСТ 16502-70. Величина зміщення середньої площини колеса регулюється при збірці, тому вона не знаходить відображення в допусках на точність відносного розташування отворів у корпусах.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫСОТЫ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ И ПОВЫШЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Шкурупий В.Г.

*Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеця, г. Харьков*

В работе установлено, что на предварительных стадиях обработки с применением фрезерования, точения с использованием традиционных инструментальных материалов (сталь Р18, твердый сплав и др.), гидроабразивной обработки изменение оптических характеристик связано с изменением критерия шероховатости поверхности F . Применение финишных методов обработки приводит к образованию поверхностей, величина критерия шероховатости поверхности F которой приближается к 1 и изменения оптических характеристик связано с изменением значений контактной разности потенциалов (КРП). Поверхности деталей машин, имеющие величину F , равную единице, следует отнести к высокоотражательным или к поверхностям, имеющим низкую поглощательную способность. Результаты эксперимента показывают, что финишные методы обработки не оказывают существенного влияния на изменение значений критерия шероховатости поверхности, однако для значений КРП наблюдается существенное изменение. Следовательно, контролировать обработку поверхностей деталей машин можно параметром F и КРП для тех методов обработки, где наблюдается изменение контролируемых параметров.

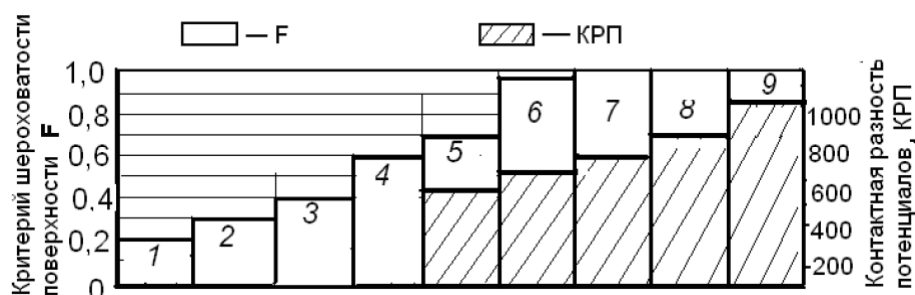


Рисунок. Оптические свойства и шероховатость поверхности для различных методов обработки деталей из сплава АМГ-6: 1 – прокат; 2 – гидроабразивная обработка; 3 – обработка металлической дробью; 4 – фрезерование твердым сплавом; 5 – фрезерование эльбором; 6 – точение твердым сплавом; 7 – полирование алмазное; 8 – выглаживание; 9 – точение алмазом (КРП – штриховка).

Таким образом, в работе показано, что при предварительной обработке поверхностей деталей машин и достижении минимальных значений высотных параметров шероховатости поверхности контроль обработанной поверхности необходимо осуществлять путем оценки критерия шероховатости поверхности F . После финишных методов обработки контроль обработанной поверхности необходимо осуществлять путем оценки работы выхода электронов (значений контактной разности потенциалов - КРП).

СЕКЦІЯ 4. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА ХОДОЗМЕНШУВАЧА ДЛЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Аврунін Г.А., Волков М.С., Садовський Р.Р.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В сучасних ходозменшувачах вантажних автомобілів широко застосовують об'ємний гідропривод замість багаторядних шестеренних редукторів і таким чином робота виглядає досить актуальною.

Розроблено алгоритм розрахунку об'ємного гідропривода ходозменшувача для вантажного автомобіля моделі КРАЗ. Початкові дані для розрахунку об'ємного гідропривода з гідромотором: крутний момент, що розвивається гідромотором, Н.м; максимальне значення частоти обертання гідромотора xv^{-1} ; значення номінальної частоти обертання приводного ДВЗ насосу гідропривода, xv^{-1} , умови експлуатації гідропривода в складі автомобіля.

Метою розрахунку об'ємного гідропривода обертального руху є визначення: робочих об'ємів гідромотора і насоса; потужність приводного двигуна насоса; ККД об'ємного гідропривода та втрат потужності для вибору охолоджувача, діаметрів трубопроводів, зведеного діаметра пневморозподільника для перемикання режимів роботи гідропривода ходозменшувача.

За основу гідропривода вибрано високомоментний радіальнопоршневий гідромотор багатоциклової дії та аксіальнопоршневий гідромотор з похилим диском та електрогідравлічною системою керування робочим об'ємом за допомогою двох пропорційних електромагнітів, встановлених на редукційних клапанах прямої дії

Визначення робочого об'єму гідромотора проведено в два етапи: заздалегідь робочий об'єм визначали на підставі заданого крутного моменту зовнішнього статичного навантаження і попереднього вибору типу гідромотора (конструкції і його технічних характеристик по номінальних значеннях частоти обертання, тиску і гідромеханічного ККД), а далі уточнювали за каталогами провідних фірм-виробників.

В результаті проведених розрахунків вибраний гідробак, оливаохолоджувач оливаповітряного типу, діаметри трубопроводів та зведений діаметр пневморозподільника, а також вимірювальна гідроапаратура для стендових та натурних випробувань гідропривода: перетворювачі тиску і температури робочої рідини, частоти обертання валів насоса та гідромотора, рівня робочої рідини в гідробаку.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИГЕЛЕВЫХ ПРИСАДОК В ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

Агапов О.Н., Краснокутский В.Н., Наумов И.С.

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

В последнее время отмечается рост сегмента рынка новых легковых автомобилей с дизельными двигателями, поэтому все больше автовладельцев сталкиваются с проблемами в эксплуатации дизелей, особенно в холодное время года. В межсезонье осень- зима, когда автозаправочные станции еще торгует летним дизельным топливом (ДТ), а в ночное время уже появляются заморозки, возникают проблемы с запуском двигателя. Наиболее распространенный способ устранения этих проблем – использование антигелевых присадок[1], которые добавляются в ДТ. Ассортимент указанных присадок в Украине достаточно велик, но не смотря на это, автовладельцы часто сталкиваются с их не эффективной работой. В данном исследовании была поставлена задача проанализировать экспериментальным путем работу антигелевых присадок известных брендов и сравнить их эффективность между собой. Влияние антигелевых присадок оценивалось по изменениям температуры застывания (ТЗ), предельной температуре фильтруемости (ПТФ) и коэффициенту фильтруемости (КФ), в сравнении с летним ДТ без присадок. Следует отметить, что ПТФ для владельцев дизельных автомобилей, является наиболее важной и ее величина должна быть существенно ниже температуры окружающей среды[2], т.к. в противном случае в ДТ образуются кристаллики парафинов, которые забивают проходные каналы топливного фильтра, а его пропускная способность определяется КФ и регламентируется нормативными документами (не более 3).

Результаты эксперимента показали:

1. Присадка «А» не повлияла на контролируемые показатели (возможно, был приобретен фальсификат).
2. Присадка «В» снизила ПТФ в 3,2 раза (-13°C), ТЗ – в 1,4 раза (-16°C), однако КФ вышел за пределы допустимой величины и составил 4,2.
3. Присадка «С» снизила ПТФ в 4,7 раза (-19°C), ТЗ – в 2,2 раза (-40°C), а КФ не превысил документного значения.

Литература:

1. Караулов А.К., Худолий Н.Н. Автомобильные топлива. Бензины и дизельные. Ассортимент и применение: Справочник / - К.: «Радуга», 1999, - 214с.
2. Данилов А.М. Присадки и добавки. Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив. / - М.: Химия, 1996г. – 232 с.

ЧИСЛЕННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

Андриенко С.В.¹, Протасов Р.В.², Устиненко А.В.², Зарубина А.А.²

¹ Харьковський національний автомобільно-дорожній університет

² Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Основные причины выхода из строя зубчатых передач – усталостное выкрашивание и износ активных поверхностей зубьев. Также интенсивный износ зубьев звездочек характерен для гусеничного движителя и для цепных передач с втулочными цепями без роликов при их применении в передачах сельскохозяйственных и горных машин. Повысить контактную выносливость и износостойкость можно применением так называемого эволютного зацепления. Оно основано на построении Бобилье, которое заключается в замене зубчатого зацепления эквивалентным четырехзвенным шарнирно-рычажным механизмом, исследование которого существенно упрощает задачу синтеза.

На основании построения Бобилье мы получаем обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ) 2-го порядка: (1) – для зубчатого зацепления, (2) – для цепного,

$$y'' = \frac{y'(1 + y'^2)}{-ky' + x}; \quad (1) \quad y_0'' = \frac{y_0'(1 + y_0'^2)(r_0 f - k)(1 - Ay_0')}{x_0(r_0 f - k)(1 - Ay_0') + y_0' r_0 k f}. \quad (2)$$

Предложено численное решение уравнений (1), (2) на основе метода Рунге-Кутта при помощи программного пакета MathCAD. В этом случае решение представляет собой набор координат точек профиля зуба. Оно находится при помощи встроенной функции **Rkadapt**, основанной на методе Рунге-Кутта IV порядка с адаптивной подстройкой шага интегрирования по требуемой точности решения,

$$\text{Rkadapt}(y, x_1, x_2, m, F),$$

которая возвращает матрицу решений методом Рунге-Кутта с переменным шагом. Здесь y – вектор начальных условий размерности n ($n=2$ – порядок ОДУ или число уравнений в системе); x_1, x_2 – начало и конец интервала интегрирования, на котором ищется решение; m – число точек (не считая начальной), в которых ищется решение; F – символьном вектор, содержащий правые части уравнений.

Решая ОДУ (1), мы моделируем зуб исходного контура, от которого известными методами можно перейти к профилю зуба колеса. При решении ОДУ (2) мы сразу получаем профиль зуба звездочки.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСНОЇ МІЦНОСТІ ПОРШНІВ В САПР

Аріан Р.Р.

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

Сучасному етапу розвитку світового двигунобудування притаманним є створення нових конструкцій ДВЗ, що забезпечують прогресивні показники екологічності, паливної економічності, літрової потужності, надійності, терміну експлуатації. При цьому зростає теплове навантаження на деталі камери згоряння (КЗ), що негативно впливає на їх параметричну та фізичну надійність. Саме тому проблема забезпечення фізичної надійності поршнів, що пов'язана з розтріскуванням кромки їх КЗ, останнього часу суттєво загострилась.

Аналіз відмов поршнів засвідчує, що таке розтріскування визвано їх перегрівом при форсуванні двигунів. Це означає, що на сьогодні існують випадки порушення концепції гарантованого забезпечення ресурсу поршня на стадії його проектування. Очевидно, що в рамках діючої концепції необхідно забезпечити підвищення якості проектів, яка визначається досконалістю застосованих математичних моделей та маршрутів проектування.

Необхідно відзначити, що у зв'язку із значною складністю процесів теплообміну та втрати міцності поршня з урахуванням необхідності підвищення економічності математичних моделей, що застосовуються в САПР, в оцінках ресурсу значно спрощується ряд факторів, які визначають вказані процеси. У рівній ступені це стосується спрощень як геометрії поршня, так граничних умов задачі теплопровідності. На цій основі підвищення ефективності процесу проектування поршня в САПР потребує свого уточненого формулювання та розв'язання.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначено та вирішено такі основні задачі: удосконалення моделі прогнозування граничних умов 3-го роду задачі теплопровідності поршня шляхом урахування величини кута випередження подачі палива; аналіз особливостей зміни температурного та термонапруженого стану в коловому напрямі кромки КЗ з урахуванням локальних і глобальних змін геометрії поршня та рівня форсування двигуна; на цій основі вдосконалення методики прогнозування ресурсу кромки КЗ поршнів на початкових етапах їх проектування; розробка рекомендацій щодо забезпечення заданого ресурсу.

За основну розрахункову модель задач теплопровідності та термопружності прийнято повну геометричну модель поршня. Розрахунки ресурсної міцності поршнів у зонах локальних екстремумів напруженості виконані з використанням програмного комплексу «Ресурс» кафедри двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХПІ».

За результатами роботи здійснено уточнення маршруту проходження проекту в САПР та запропоновано нову конструкцію порожнини масляного охолодження поршня.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВИБРОУДАРНЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИХ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

**Барчан Е. Н., Лунев Е.А., Грабовский А. В., Костенко Ю.В., Набоков А.В.,
Лисовол Я.Н., Шеманская Н.В.**

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

Дальнейший прогресс в области машиностроения обуславливается уровнем расчетных методик синтеза элементов проектируемых машин, механизмов, приводов. В первую очередь это относится к наиболее нагруженным тяжелым машинам, например, виброударным. Крупнотоннажные виброударные машины нашли свое широкое применение как технологические машины в литейном производстве (например, машины для выбивки литья), как горношахтное оборудование (например, дробилки), в строительстве (например, устройства для уплотнения смесей), а также в других отраслях народного хозяйства. Несомненное преимущество таких машин (а именно простота конструкции и эффективность выполняемых операций) сопровождается высоким уровнем действующих сил ударного взаимодействия технологического груза с машиной. При этом, поскольку данные силы напрямую влияют на качество выполняемой технологической операции, то и их частота, и амплитуда предписываются назначением той или иной машины. С другой стороны, параметры элементов проектируемых виброударных машин должны находиться в определенных соотношениях с эксплуатационными режимами. Так, для выбивных зарезонансных машин частоты возбуждения должны превышать собственные частоты колебаний корпуса машины, установленного на опорных пружинах, в 3-4 раза. В то же время собственные частоты колебаний корпуса вибромашины как упруго деформируемой конструкции должны быть на 20-25% выше частоты возмущающего воздействия. Таким образом, образуется достаточно жесткая система проектных ограничений. Однако, дополнительная, ранее не изученная проблема расчета этого класса машин состоит в том, что, кроме обычного резонанса на частоте возбуждения, задаваемой приводом, возможны также резонансы на частотах, кратных возмущающей. Это обусловлено свойствами усилий ударного взаимодействия, которые являются периодическими функциями, разложение которых в ряд Фурье содержит не только основную, но и высшие гармоники.

В связи с этим для обеспечения работоспособности на этапе обоснования параметров виброударных машин требуется совершенствование методов их расчета для отстройки от возможных резонансов при ударном нагружении на частотах, кратных основной частоте возбуждения (т.н. «ударный резонанс»). Целью работы является совершенствование методов расчета виброударных машин как динамических упруго-деформируемых систем путем анализа виброударных процессов и обоснования параметров проектируемых машин по критерию отстройки от ударных резонансных режимов, а также создание на этой основе работоспособных конструкций виброударных машин с высокими техническими характеристиками для работы в составе комплекса высокопроизводительного оборудования.

АНАЛИЗ УДАРНЫХ РЕЗОНАНСОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Барчан Е. Н., Лунев Е.А., Грабовский А. В., Костенко Ю.В., Набоков А.В.,
Мерецкая К.А., Ляшенко А.С.**

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

На примере модельных динамических систем с различным конечным числом степеней свободы установлено, что в данных системах наблюдается ударный резонанс на собственных частотах, кратных возмущающей частоте, причем для обнаружении резонансных режимов можно применять и аналитические, и численные методы. При этом наибольшая амплитуда колебаний соответствует совпадению частот, а для более высоких частот амплитуда монотонно уменьшается с ростом частоты (и при сохранении импульса силы единичного ударного воздействия). Влияние вязкого трения соответствует случаю обычного резонанса: чем выше коэффициент демпфирования, тем ниже амплитуда установившихся колебаний. Кроме того, установлено, что резонансный эффект наблюдается не только при точной кратности собственных частот колебаний частоте приложения импульсных нагрузок, но и при варьировании собственных частот в окрестности этих значений. При этом чем больше отклонение, тем меньше амплитуда установившихся колебаний, причем зависимость – резко прогрессирующая. Математическая модель ударного резонанса распространена с дискретных на дискретно-континуальные динамические системы, что дает возможность учесть деформационные формы колебаний силовых элементов виброударных машин как упруго-деформируемых составных их элементов. Это отличает данную модель от традиционных математических моделей для одномассовых систем или систем с конечным числом степеней свободы. Предложена математическая модель для определения напряженно-деформированного состояния силовых элементов виброударных машин при действии импульсных нагрузок, отличающаяся учетом действия на них сил ударного взаимодействия, вычисляемых по уточненным соотношениям, которые определены в ходе расчетно-экспериментальных исследований вибромашин данного типа.

Для обоснования параметров виброударных машин разработана адаптация метода обобщенного параметрического описания элементов проектируемой машины, включая конструктивные схемы усиления. Это отличает данный подход от традиционных, в которых варьируемыми являются только обычные числовые параметры. Кроме того, впервые предложен вид целевой функции для обоснования проектных параметров машины, обеспечивающих отстройку от ударного резонанса. В ходе сопоставления аналитических и численных решений установлено полное качественное и удовлетворительное количественное соответствие получаемых результатов численного интегрирования динамических процессов в виброударных системах.

Таким образом, для проектных расчетов крупногабаритных тяжелонагруженных виброударных машин разработан усовершенствованный подход к обоснованию их параметров, учитывающий возможность явления ударного резонанса в элементах проектируемой машины. Это дает возможность перейти в дальнейшем к построению на этой основе параметрических численных моделей и программных средств, реализующих описанную математическую модель.

ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИПУСКНИХ КАНАЛІВ ДИЗЕЛЯ 4ЧН12/14

Білик С.Ю., Сінческул О.Л., Васильєв М.І.

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

У теперішній час важливо відмітити, що одночасне досягнення максимально високих значень техніко економічних, екологічних та ресурсних показників, серед світових тенденцій вдосконалення двигунів вантажних автомобілів неможливе, оскільки вони є взаємовиключними. Тому на практиці вирішують задачу пошуку оптимуму конструктивно-регульовальних параметрів двигуна, що в свою чергу потребує проведення широкого кола експериментальних досліджень.

Доводка процесів, що протікають у двигунах внутрішнього згоряння, є складною задачею, вирішення якої неможливе без поліпшення показників робочого процесу. Враховуючи вище сказане, для покращення показників дизельного двигуна 4ЧН12/14 було проведе математичне моделювання та дослідження газодинамічних процесів у випускному колекторі, з метою проектування випускних каналів високої пропускної здатності. При цьому наявність складної просторової структури течії вимагає розгляду питань проектування й доведення каналів у тривимірній постановці.

Газодинамічні процеси, які протікають в суміжних системах повітропостачання і випуску виключно складні, що обумовлює прагнення дослідників застосовувати скінчено-елементні моделі.

Математичні моделі газообміну на основі квазістаціонарного підходу дають хороші результати за точністю і інформативністю, але в них реалізовані спрощені механізми змішування залишкових газів і свіжого заряду.

Для свого застосування скінчено-елементні моделі потребують відповідних граничних умов, які можуть бути ідентифіковані за результатами експериментальних досліджень.

В роботі виконано розрахунок робочого процесу чотиритактного дизельного двигуна типу 4ЧН12/14 з наддувом, та проведено його ідентифікацію за результатами експериментальних досліджень. Крім того здійснено моделювання газодинамічних процесів у випускному колекторі дизеля. На підставі виконаних розрахунків запропоновано граничні умови, з урахуванням руху клапанів та умов роботи турбокомпресора, проведено.

Отримані результати, зокрема 3D-модель та запропоновані граничні умови, можуть бути використані в процесі проектування та доводки дизельних двигунів типу 4ЧН12/14.

ВИБІР МОДЕЛІ ДЛЯ ОПИСУ ДИНАМІКИ РУХУ КОЛІСНИХ МАШИН

Бондаренко А.І., Селевич С.Г.

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

Рішення задач, пов'язаних з дослідженням процесу розгону, руху, гальмування, неможливе без використання адекватної математичної моделі. Під моделлю розуміється якийсь об'єкт-замінник, який в певних умовах замінює об'єкт-оригінал, що вивчається, відтворюючи найбільш істотні його властивості. Існує велике різноманіття математичних моделей, кожна з яких має певні допущення та може використовуватися для рішення окремих задач.

Для моделювання динамічних процесів в самохідних машинах останнім часом широко використовуються наступні програмні продукти: «Універсальний механізм», ADAMS/CAR, UMTRI Yaw/Roll constant velocity, AUTOSIM, LMS.DADS, SYM-PACK. Всі програми даного типу автоматизують процес формування рівнянь руху конкретної механічної системи на основі опису інерційних, геометричних, кінематичних параметрів, моделей силових взаємодій, вибраних або заданих користувачем.

Ціна за безстрокову академічну ліцензію програми «Універсальний механізм», модуль UM Automotive на одне робоче місце, яка передбачає використання програми в наукових і учбових цілях в рамках вищих учбових закладів, і науково-дослідних інститутів та забороняє використання програми в цілях отримання прибутку, складає мінімум 1000 доларів США.

Застосування стандартних програмних продуктів не завжди прийнятно: по-перше, програмні продукти достатньо дорогі, по-друге, не гарантують вирішення поставленої задачі, оскільки налаштовані на рішення конкретних завдань.

Виходом з ситуації, що склалася, є самостійне складання фізичної і математичної моделі з подальшим вирішенням систем отриманих диференціальних рівнянь з використанням обчислювальної техніки.

Залежно від поставленої мети, можуть використовуватися декілька методів представлення математичних моделей динаміки трактора: «плоска» модель, просторова багатомасова нелінійна модель.

Рішення окремих задач динаміки трактора засноване на застосуванні так званої «плоскої» моделі, яка в більшості випадків дозволяє одержати аналітичні рішення. Доцільність такого підходу полягає в тому, що в цьому випадку трапляється нагода розкрити фізичну суть процесів і аналізом встановити вплив того або іншого чинника (конструктивного параметра) на динаміку трактора. Така модель дозволяє одержати достатньо точний якісний опис динаміки трактора за умови дії порівняно малих бічних сил.

Використання просторової багатомасової нелінійної моделі дозволяє досліджувати динаміку трактора з урахуванням зміни розвалу коліс, впливу невіднесених мас і їх розташування, дії великих бічних сил, впливу трансмісії та інших чинників.

МОДИФІКАЦІЯ КРОКУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ ТЕО ЯНСЕНА (THEO JANSEN)

Бондаренко О.В., Устиненко О.В., Протасов Р.В.

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

Механізми, що відтворюють рухи живих істот, завжди цікавили людство. Це пов'язано насамперед з тим, що форми, пропорції та кінематика тварин «опрацьовувалися» еволюцією мільйони років. Крім еволюційної досконалості, людину завжди вабили й естетичні аспекти форми та кінематики тварин. Починаючи з середніх віків, механіки намагалися відтворити крок тварини. А сучасна мода, зважаючи на екологічну спрямованість суспільства, диктує аксіому: що є природним, то є естетичним.

Сучасна механіка знає багато прикладів досить цікавих розв'язань задачі імітації кроку. Назвемо деякі з моделей: лямбдо-подібний механізм Чебишева, механізм Кланна (Joe Klann), механізм Тео Янсена (Theo Jansen). Довжини ланок кінцівки, запропонованої Тео Янсенем, були обрані ним методом генетичного моделювання за критерієм максимальної прямолінійності руху корпусу «тварини»-об'єкту. Це привело до наближення частини траєкторії крайньої точки вихідної ланки до прямолінійного руху.

Дана доповідь присвячена модифікації механізму Тео Янсена, у межах якої були підібрані інші довжини ланок при збереженні структури. Така модифікація обумовлена тим, що довжини ланок оригіналу призводять до формування диспропорційної ноги з точки зору біоніки анімалізму: товщина ноги не відповідає довжині. Авторами доповіді запропоновані нові довжини ланок (рис.1), які утворюють більш витончену та пропорційну ногу, при збереженні всіх аспектів можливості синхронізації декількох кінцівок. Підбір довжин виконувався методом ЛПт-пошуку. У якості обмежень було обрано співвідношення довжин ланок, а у якості критерію – необхідність розташування крайньої точки вихідної ланки на одній прямій для певних положень.

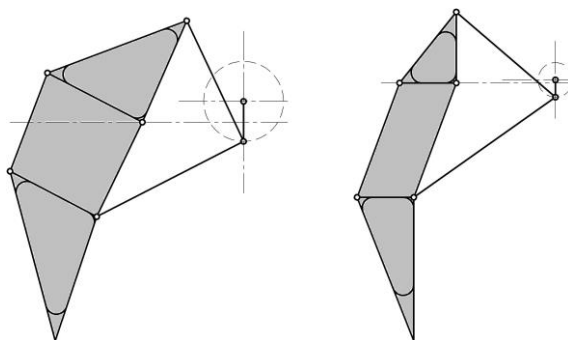


Рисунок 1 – Оригінальна (зліва) та запропонована (справа) структури

ИННОВАЦИОННЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ: ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

**Бондаренко М.А.¹, Литвиненко А.В.², Гусев Ю.Б.², Шейченко Р.И.²,
Граборов Р.В.², Чепурной А.Д.³**

¹Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков,

²НИЦ УК «РэйлТрансХолдинг», г. Мариуполь,

³ООО УК «РэйлТрансХолдинг», г. Москва

Для современного машиностроения на фоне бурного развития отдельных отраслей наблюдается одна из очень важных тенденций. Она заключается в том, что в широком классе машиностроительных конструкций усиливается направление к повышению производительности, нагрузочной способности и долговечности.

Однако, учитывая, что во многих отраслях промышленности проектные решения устоялись десятилетиями сроками их создания, это приводит к необходимости радикальных альтернативных решений, поскольку ресурсы традиционных технических решений исчерпаны. Но это – только одна сторона проблемы. Другая состоит в том что для широкого класса машиностроительных конструкций действуют достаточно жесткие нормы по прочности, устойчивости, деформируемости. Кроме того, существуют традиционные методики расчета. Таким образом, все эти устоявшиеся факторы тормозят создание инновационных изделий с резко возросшими техническими и тактико-техническими характеристиками. Ярким примером подобных конструкций являются морские, речные и воздушные суда, грузовые и пассажирские вагоны, автомобили, технологическое оборудование, емкости и сооружения, которые применяются в нефтехимической, горно-шахтной промышленности, в строительстве и агроиндустрии. Во многих случаях это тонкостенные машиностроительные конструкции.

Это обусловлено тем, что существующие методики расчета ориентированы на традиционные технические решения для перечисленных конструкций. И, наоборот, сами традиционные решения как раз консервируют устоявшиеся нормы и правила. В то же время это не избавляет от многочисленных аварий по техническим причинам. Особенно это заметно, например, на состоянии безопасности железнодорожных грузовых перевозок, которая заметно ухудшилась в последнее время на железных дорогах с шириной колеи 1520 мм. Таким образом, требуется повысить технические и тактико-технические характеристики новых изделий при существующих нормах и правил по безопасности. Это создает проблемную ситуацию, обусловленную противоречием между возможностями существующих традиционных методик, с одной стороны, и потребностями современного машиностроения, – с другой. Данное обстоятельство определяет актуальность проблемы разработки новых подходов, моделей и методов обоснования технических решений для инновационных изделий. Это определило направление исследований.

Цель работы – разработка методов обоснования проектных решений при создании инновационных тонкостенных машиностроительных конструкций по критериям обеспечения прочности с одновременным повышением уровня их технических и тактико-технических характеристик.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЦЕСІ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ІННОВАЦІЙНИХ ВИРОБІВ

**Бондаренко М.О.¹, Чепурний А.Д.², Литвиненко О.В.³, Гусєв Ю.Б.³,
Шейченко Р.І.³, Граборов Р.В.³**

**¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,
²ТОВ КК «РейлТрансХолдінг», м. Москва,
³НІЦ КК «РейлТрансХолдінг», м. Маріуполь**

Для сучасного машинобудування характерними є декілька суперечливих тенденцій. По-перше, промисловість, транспорт та інші галузі сучасного реального сектора економіки потребують різкого підвищення технічних і тактико-технічних характеристик виробів машинобудівних підприємств. Це, природно, диктується технічним прогресом. По-друге, можливості машинобудівних підприємств у силу високої інерційності у цьому плані об'єктивно обмежені. І, по-третє, із міркувань безпеки виробів машинобудування при їх експлуатації існують певні обмеження, зокрема, на характеристики міцності їхніх елементів.

Як відповідь на такий стан, у машинобудуванні останнім часом укріплюється та набирає вагу тенденція до розробки інноваційних тонкостінних машинобудівних конструкцій. Цей підхід дає змогу переважно на існуючому обладнанні, із додержанням існуючих норм створювати такі технічні рішення, які набагато перевершують існуючі аналоги. Проте на заводі реалізації таких підходів стоїть недосконалість методів обґрунтування раціональних проектно-технологічних рішень. Справа в тому, що пряме безпосереднє застосування багатоваріантних розрахунків, наприклад для обґрунтування параметрів, які забезпечують певний рівень напружень, призводить до лавиноподібного зростання обсягу обчислень чи експериментів. Справа в тому, що таких варійованих параметрів на етапі проектних досліджень виявляється забагато, і навіть частковий (далеко не повний) перебір варіантів та, відповідно, проведення досліджень, різко збільшує часові та ресурсні витрати. Проте ще більш ґрунтовним є обмеження, яке накладається наявністю не одного, а багатьох критеріїв та обмежень на проєктовані вироби. При цьому вони часто мають не тільки технічну, але й іншу природу.

Отже, потрібні різнопланові дослідження. Більш того, при цьому незастосовні традиційні оптимізаційні процедури. Що ще важливо, самі критерії та обмеження є нечіткими, змінними та плінними. У таких умовах потребують розробки нові підходи, моделі та методи досліджень, які б дали змогу високоякісно та оперативно розв'язувати такі задачі стосовно інноваційних тонкостінних машинобудівних конструкцій. Це складає мету та суть роботи.

Таким чином, у роботі отримали подальший розвиток методи розрахунку важконавантажених великогабаритних машин за критеріями забезпечення заданої довговічності та навантажувальної здатності шляхом розробки спеціалізованого програмно-модельного комплексу для моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням деградації властивостей силових елементів машин з метою обґрунтування структури і параметрів машин, що в сукупності є новим розв'язанням актуальної та важливої для виробництва та машинознавства науково-технічної задачі.

**КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ АЛГОРИТМУ
ОПТИМАЛЬНО-РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
ТРИВАЛЬНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ**

Бондаренко О.В., Устиненко О.В., Клочков І.Є., Храмцова І.Я.

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

Сучасне транспортне машинобудування висуває все більш жорсткі вимоги за масогабаритними характеристиками до приводів машин і, отже, до такого їх елементу, як коробки передач. Тому максимально можливе зниження маси та габаритів останніх є актуальною задачею. Одним з перспективних шляхів в цьому напрямку є розв'язання задачі оптимально-раціонального проектування тривальних коробок передач за критерієм мінімізації маси та (або) габаритів.

Розроблена комп'ютерна модель алгоритму оптимально-раціонального проектування тривальних коробок передач, яка поєднує методи ЛПт-пошуку та звуження околів. Це дозволило збільшити кількість пробних точок для більш точного результату. Врахування конструктивних, технічних та технологічних особливостей тривальних коробок передач у даному алгоритмі дозволило задовольнити вимоги, що висуваються до агрегатів такого класу. Особлива послідовність алгоритму дозволила скоротити час розрахунків.

Функціонування алгоритму оптимально-раціонального проектування проходить наступним чином.

1. Задаються вхідні данні.
2. Генерування ЛПт-послідовності для зондування двовимірного простору у координатах Ω_1, Ω_1 – коефіцієнтів звуження околів параметрів проектування.
3. Генерування ЛПт-послідовності для змінних проектування (модулів m , чисел зубців z та кутів нахилів зубців β).
4. Перевірка обмежень на змінні проектування.
5. Після того як було складено таблицю можливих комбінацій параметрів, проводиться пошук найкращого варіанта (пробної точки, що відповідає мінімальному значенню цільової функції).
6. Якщо точності розрахунків недостатньо, проводиться наступний етап алгоритму, а саме, змінення крайніх значень параметрів (звуження околів простору параметрів).
7. Збільшення точності розрахунків завдяки поступовому зменшенню на кожному кроці похибки рівності міжосьових відстаней між зубчатими зачепленнями.

МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІЙСЬКОВИХ ГУСЕНИЧНИХ І КОЛІСНИХ МАШИН НА ЕТАПІ ПРОЕКТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Васильєв А.Ю.¹, Ткачук М.М.¹, Танченко А.Ю.¹, Мартиненко О.В.¹,
Сериков В.І.¹, Крилюк Б.І.¹, Борисенко С.В.¹, Пелешко Є.В.²**

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

²ТОВ «БІР Україна», м. Одеса

На теперішній час забезпечення тактико-технічних характеристик військових гусеничних і колісних машин (ВГКМ) здійснюється на етапі розробки на основі аналізу проектних досліджень фізико-механічних процесів і станів, які реалізуються в елементах машин у процесі експлуатації та бойового застосування. Це зумовлено тими обставинами, що від складових ВГКМ вимагається не тільки виконання певних функцій, але й висока міцність і надійність. При цьому на елементи машин діють у процесі експлуатації та бойового застосування різноманітні силові, теплові, хімічні впливи. Основною тенденцією останнім часом є якраз як інтенсифікація режимів бойового застосування, що призводить до зростання рівня окремих чинників ураження, так і розширення множини чинників, які діють у сукупності на один і той же елемент ВГКМ. Відповідно, виникає потреба у створенні нових, більш досконалих, адекватних і точних математичних і числових моделей виникаючих у елементах ВГКМ фізико-механічних процесів і станів.

Дослідженням різноманітних фізико-механічних процесів і станів в елементах ВГКМ присвячено багато досліджень. Разом із тим у цих дослідженнях аналізуються переважно окремі зовнішні та внутрішні чинники. У той же час, як відзначалося вище, ці чинники діють у сукупності. Тому їх потрібно враховувати у створюваних математичних і числових моделях якраз у сукупній дії. Отже, постає проблема розробки таких моделей, які природним чином інтегрують різні чинники, параметри, структури та розподіли. Основною вимогою до цих моделей є можливість їхньої варіативності та керованості із одночасним збереженням цілісності, безконфліктності, а також взаємовпливу різних чинників.

Для розв'язання поставленої задачі доцільно застосовувати як основу метод узагальненого параметричного моделювання. За його використання кожен компонент цілісної моделі розглядається як узагальнений варійований параметр. Це дає змогу формально застосувати усі операції традиційного параметричного аналізу, проте враховуючи кожен раз специфіку тієї чи іншої задачі. Зокрема, розв'язані наступні задачі: 1) контактна взаємодія елементів ВГКМ; 2) взаємодія ударно-хвильового навантаження із бронекорпусом легкоброньованої машини; 3) вплив реактивних зусиль віддачі на міцність бронекорпусів; 4) взаємодія кінетичного боєприпасу із бронеперешкодою.

Запропонований у роботі підхід до визначення тактико-технічних характеристик військових гусенично-колісних машин на етапі проектних досліджень дає змогу високооперативно, з високою точністю та помірними витратами проводити проектні дослідження та обґрунтовувати проектно-технологічні параметри, які забезпечують задані тактико-технічні характеристики об'єктів бронетанкової техніки.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЯСНИЧНОГО ПОЗВОНОЧНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО СЕГМЕНТА У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ АРТРОПЛАСТИКИ

**Веретельник О. В.¹, Радченко В. А.², Барков А. А.²,
Тимченко И. Б.², Дынник А. А.², Веретельник Ю. В.³**

¹Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»,

*²ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов
им. проф. М. И. Ситенко НАМН Украины», г. Харьков*

³ООО «БИИР Украина», г. Одесса

Развитие исследований в области эндопротезирования межпозвонковых дисков началось с 1972 г. и клинического внедрения в 1984г., когда первые эндопротезы межпозвонковых дисков обеспечили не только статические свойства позвоночно-двигательного сегмента, но и динамическую функцию в сегментах позвоночного столба (Lemaire S.P., Link H.D.). Эволюция развития артропластики при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника человека с применением эндопротезов различных конструкций и выполненных с применением различных материалов обеспечивают эволюционное развитие в данном направлении и в настоящее время.

Конструкция современных эндопротезов межпозвонковых дисков должна способствовать как восстановлению, так и максимально долгому сохранению необходимой подвижности в оперированном позвоночно-двигательном сегменте.

Важно отметить следующие принципиально различные свойства подвижных соединений, передающих усилия в механических и биологических системах. Это связано с самой природой этих систем: в механических системах обычно обеспечивается точность изготовления типовых элементов на имеющемся оборудовании, в биологических системах – генеративное формо- и структурообразование сопрягаемых уникальных элементов.

В работе была представлена трехмодульная конструкция эндопротеза, которая при формировании биомеханической системы обеспечивает сочетание свойств природной и технической конструкции, а именно: природной подвижности и «технической» прочности.

Предложенный эндопротез межпозвонкового диска представляет собой трехмодульную конструкцию, состоящий из двух шайб, между которыми находится сферический элемент. Трехмодульная конструкция представляет собой некоторый шарнир, который обеспечивает подвижность во всех направлениях.

По итогам исследования были определены максимальные значения эквивалентных напряжений и полных перемещений для элементов исследуемой биомеханической системы, полученные с помощью численного моделированного базирующегося на использовании метода конечных элементов.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОСТЕОМИЕЛИТЕ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

**Веретельник О. В.¹, Ткачук Н. А.¹, Веретельник В. В.¹,
Шимон В. М.², Кубаш В. М.²**

*¹Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков,
²Ужгородский национальный университет, г. Ужгород*

Остеомиелит – гнойно-воспалительный процесс, который поражает все элементы кости. В результате происходит структурное изменение кости, которое приводит к изменению физико-механических свойств тканей.

На сегодняшний день внедрение инженерии в медицину позволяет понять сущность нестабильности элементов человеческого скелета. При этом построение и исследование геометрических моделей, описывающих различные травмы и патологические заболевания элементов человеческого скелета, позволяют выбрать и обосновать методику лечения пациента. Также прибегая к компьютерному моделированию, можно определить напряженно-деформированное состояние элементов биомеханической системы, образованной сочетанием элементов человеческого скелета и разнообразных конструктивных решений по стабилизации или иммобилизации пораженных патологическим заболеванием или травмированных сегментов человеческого скелета.

Для определения напряженно-деформированного состояния исследуемых элементов биомеханической системы был использован метод конечных элементов, который обладает широкими и мощными возможностями и наилучшим образом подходит для решения задач такого класса, так как элементы биомеханической системы имеют сложную геометрическую форму и структуру, и при этом позволяет проводить учет материалов с резко различающимися физико-механическими свойствами.

В работе предлагаются результаты исследования компонент напряженно-деформированного состояния элементов биомеханической системы на примере бедренной кости человека, подверженной заболеванию – остеомиелиту, а также результаты последствий применения внешней фиксирующей конструкции, используемой для разгрузки пораженной кости заболеванием во время лечения.

Исследование элементов человеческой ноги состояло из двух этапов, отличия заключались в описании области пораженной заболеванием – остеомиелитом, размеры отличались как по глубине кости, так и по высоте, т.е. вдоль бедренной кости.

По итогам исследования были определены максимальные значения эквивалентных напряжений и полных перемещений для элементов исследуемых биомеханических систем.

ТЯГОВЫЙ БАЛАНС ПЕРСПЕКТИВНОГО ГУСЕНИЧНОГО МНОГОЦЕЛЕВОГО ТРАНСПОРТЕРА–ТЯГАЧА С БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Волонцевич Д.О., Ефремова А.И.

*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:

- бесступенчатое изменение скорости, тягового усилия и радиуса поворота;
- легкость автоматизации трансмиссии и обеспечения управления машиной любым членом экипажа и дистанционного управления;
- расширенные возможности по рекуперации энергии замедления, поворота, колебаний поддресоренных масс и т.д.;
- возможность кратковременного движения без работающего ДВС;
- возможность кратковременного суммирования мощности генераторной установки и накопителей энергии;
- отсутствие жестких механических связей между основными агрегатами, облегчающее компоновку.

Целью представленной работы является определение рациональных характеристик тяговых электродвигателей (ТЭД), которые смогли бы обеспечить требуемые параметры подвижности гусеничного многоцелевого транспортера-тягача на примере транспортера-тягача МТ-ЛБ.

В работе на основании расчетов, проведенных по методикам [1, 2] сделаны выводы о том, что:

1. Для реализации заданных характеристик подвижности тягача МТ-ЛБ при переходе на электромеханическую трансмиссию без учета ограничения в ТЭД крутящего момента по величине силы тока в обмотках достаточно обеспечить на каждый борт механическую мощность не менее 141 кВт.

2. Для реальных ТЭД типа EMRAX 348 (Словения) и M73 (Германия), имеющих коэффициент приспособляемости по крутящему моменту 1,5 – 3, невозможно обойтись без расширения диапазона изменения крутящего момента на механическом двухступенчатом редукторе в бортовой передаче.

3. Для реализации заданных характеристик подвижности тягача МТ-ЛБ при одноступенчатых бортовых передачах необходимо закладывать возможность достижения максимальной скорости при использовании 25–27% от номинальной мощности ТЭД.

Литература:

1. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 292 с.
2. 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.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ БЛОКИРУЕМЫХ И САМОБЛОКИРУЮЩИХСЯ МЕЖКОЛЕСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ ВОЕННЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Волонцевич Д.О., Мормыло Я.М.

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

В классической технической литературе по автомобилестроению прошлого века [1] и др., как правило, рассматриваются дифференциалы трех типов: простой конический без устройства для полной принудительной блокировки или с ним, а также самоблокирующиеся дифференциалы повышенного трения трех типов: с дисками трения, кулачковые (сухарные) и червячные.

В изданиях этого века описываются так же и более современные технические решения, такие как конструкции «Квайф», «Торсен», гидравлические дифференциалы с масляными насосами и муфтами вязкостного трения (вискомуфты) по патенту Фергюссона [2] и др.

Проблема классических дифференциалов повышенного трения состоит в том, что они имеют либо постоянный коэффициент блокировки, либо коэффициент блокировки, зависящий от нагрузки. Для получения высокой проходимости коэффициент блокировки должен быть достаточно большим, а для сохранения управляемости и устойчивости движения – должен стремиться к единице.

В работе [3] авторами был поднят вопрос о формировании требований к дифференциалам военных колесных машин с точки зрения определения зоны нечувствительности самоблокирующихся межколесных дифференциалов (МКД). Данный доклад продолжает начатый цикл работ, посвященный этой теме.

В работе: проведен анализ необходимой величины коэффициента блокировки МКД для получения максимальной силы тяги машины по сцеплению в зависимости от возможного сочетания коэффициентов сцепления под бортами; обоснован переход от коэффициента блокировки к блокировочному моменту МКД для машин, рассчитанных на движение при возможном полном вывешивании одного или нескольких колес; предложен алгоритм построения зависимости необходимого блокировочного момента МКД от частоты относительного вращения полуоси и корпуса дифференциала на примере БТР-4.

Литература:

1. Проектирование полноприводных колесных машин: Учебник для вузов: в 3 т., Т.2 / Б. А. Афанасьев, Л. Ф. Жеглов, В. Н. Зуев и др.; Под ред. А. А. Полунгяна. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 528 с.: ил. 2. Recent Developments in Automotive Differential Design. In book: Power Transmissions. / A. Mihailidis, I. Nerantzis // Proceedings of the 4th International Conference, held at Sinaia, Romania, June 20–23, 2012. – Volume 13 of the series Mechanisms and Machine Science. –P.P. 125–140. DOI 10.1007/978-94-007-6558-0_8.
3. Волонцевич Д. О. К вопросу определения зоны нечувствительности самоблокирующихся межколесных дифференциалов с коэффициентом блокировки, зависящим от скорости относительного вращения колес / Д. О. Волонцевич, Я. М. Мормыло, // Механіка та машинобудування, – №1, – 2016. – С. 30–35.

ТЯГОВЫЙ БАЛАНС ПЕРСПЕКТИВНОГО КОЛЕСНОГО БРОНЕТРАНСПОРТЕРА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Волонцевич Д.О., Пасечный С.С., Яремченко А.С.
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Электрические трансмиссии в последнее время находят все более широкое распространение не только в гражданских автомобилях, но и в военной технике [1]. Это связано с тем, что электрические трансмиссии позволяют обеспечить:

- бесступенчатое изменение скорости и тягового усилия;
- легкость автоматизации трансмиссии и обеспечения управления машиной любым членом экипажа и дистанционного управления;
- расширенные возможности по рекуперации энергии замедления, поворота, колебаний подрессоренных масс и т.д.;
- возможность кратковременного движения без работающего ДВС;
- возможность кратковременного суммирования мощности генераторной установки и накопителей энергии;
- простоту реализации системы поддержания курсовой устойчивости и регулирования тяги для исключения буксования;
- отсутствие жестких механических связей между основными агрегатами, облегчающее компоновку;
- высокую блочную унификацию между машинами различного назначения;
- более высокую надежность за счет дублирования и быстрота замены при повреждениях (для мотор-колес);
- возможность повысить минную стойкость корпуса и увеличить динамический ход подвески (для мотор-колес).

Целью представленной работы является определение рациональных характеристик тяговых электродвигателей (ТЭД) и кинематических схем колесных редукторов, которые смогли бы обеспечить требуемые параметры подвижности бронетранспортера с трансмиссией в виде мотор-колес на примере БТР-4.

На основании расчетов по методикам [2, 3] сделаны выводы о том, что для выбранных ТЭД EMRAX 348 (Словения) невозможно обойтись без расширения диапазона изменения крутящего момента на механическом двухступенчатом редукторе. Также для более подробного рассмотрения были выбраны две кинематические схемы двухступенчатых планетарных редукторов.

Литература:

1. Конструктивные схемы автомобилей с гибридными силовыми установками: Учебное пособие. / С.В. Бахмутов, А.Л. Карунин, А.В. Круташов и др. // – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 71 с. 2. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / А.В. Гнатів, 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.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА Al_2O_3-SiC В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО

Геворкян Э.С.¹, Кислица М.В.¹, Лавриненко С.Н.², Руцкий М.³
Чишкала В.А.⁴

¹*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,*

²*Национальный технический университет "ХПИ", г. Харьков*

³*Университет технологии и гуманитарных наук им. К.Пулаского, г. Радом*

⁴*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, г. Харьков*

При высокоскоростной обработке металлов (выше 200 м/мин) традиционные оксидно-карбидные режущие материалы подвергаются сильному перегреву в рабочей зоне (1100-1200°C), это негативно сказывается на темпе их износа [1]. Повышение теплопроводности режущей керамики возможно путем ввода добавок с высокой теплопроводностью, как например, SiC в системе Al_2O_3-SiC .

Наши исследования заключались в подборе состава и параметров спекания керамики на основе Al_2O_3 и SiC. Прессование осуществлялось на оригинальной установке [2], доработанной для более точного определения температуры, давления и усадки в процессе электроконсолидации. В частности, температура спекания варьировалась от 1370°C до 1800°C. В результате установлено, что наилучшими характеристиками обладает состав $Al_2O_3+15\% \text{мас SiC}$ при температуре спекания $T=1400^\circ\text{C}$, времени выдержки $\tau=3$ мин, давлении $P=30$ МПа. Полученные образцы имеют твердость $H_V=25$ ГПа при $K_{IC}=5.5-6$ МПа·м^{1/2}. Важным аспектом является то, что порошок Al_2O_3 микродисперсный, а порошок SiC – нанодисперсный. Именно эта комбинация наиболее предпочтительна, так как смеси нано–нано более подвержены агломерации [3]. Как показываю наши предыдущие исследования, данный материал будет перспективен для высокоскоростной обработки труднообрабатываемых легированных сталей.

Литература:

1. Gevorkyan E.S. The influence of zirconium oxide on Al_2O_3-TiC oxide-carbide ceramics / Gevorkyan E.S., Khadzhay G.Ya., Vovk R.V, Melnik O.M. – X.: Вісник ХНУ, №1135, серія «Фізика», вип.. 21, 2014, с.65-67. 2. Пат.72841 Україна, МПК (2012.01)B22F 3/00. Пристрій для гарячого пресування порошків шляхом прямого пропускання електричного струму / Азеренков М.О., Геворкян Е.С., Литовченко С.В., Чишкала В.О., Тимофеева Л.А., Мельник О.М., Гуцаленко Ю.Г.; заявник і патентовласник Геворкян Е.С. - № u 2012 03 031; заявл. 15.03.12; опубл. 27.08.12, Бюл. №16. 3. Лернер М.И. Технология получения, характеристики и некоторые области применения электровзрывных нанопорошков металлов / М.И. Лернер, Н.В. Сваровская, С.Г. Псахье, О.В. Бакина. – М.: Российские нанотехнологии. – т.4, № 9. – 2009.

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ К ВАРЬИРОВАНИЮ ЕЕ ИНЕРЦИОННО-ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Грабовский А.В.

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

В литературе встречается множество работ по отстройке систем от резонансных частот, однако не было найдено работ, в которых авторы целенаправленно управляют собственными формами путем изменения масс-инерционных характеристик динамической системы. Такая задача была поставлена и осуществляются попытки ее решения.

В частности, был предложен подход к исследованию чувствительности собственных частот и собственных форм колебаний системы с двумя степенями свободы к варьированию параметров динамической системы. Собственные формы колебаний определяются из условий достижения условных минимумов функции Рэлея. Предложены соотношения для определения компонент чувствительности с использованием конечных разностей.

В данной работе ставятся задачи выполнить анализ влияния изменения инерционно-жесткостных характеристик отдельных элементов прямоугольной пластины на собственные частоты и соответствующие им собственные формы колебаний.

В качестве исследуемого объекта была выбрана прямоугольная пластина, защемленная по контуру. Метод анализа – метод конечных элементов.

При этом исследуемыми характеристиками выступают собственные частоты, собственные формы (по перемещениям и эквивалентным напряжениям), причем исследуются формы как всей пластины, так и в срезе вдоль различных путей.

Варьирование инерционно-жесткостных параметров прямоугольной пластины осуществляется в двух постановках:

- 1) пластина с утолщением на части поверхности;
- 2) пластина с дополнительной локально расположенной массой.

По результатам численного решения было определено влияние изменения варьируемых толщины и массы на изменение собственных форм и собственных частот колебаний пластины.

При этом можно сделать вывод о том, что подтверждена возможность с высокой точностью аппроксимировать изменение собственных частот, собственных форм (а также положения зон пучностей и узлов) линейной зависимостью от изменения варьируемых инерционно-жесткостных параметров. Таким образом, показана применимость подхода, предложенного ранее для систем с конечным числом степеней свободы, к анализу систем с распределенными параметрами.

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СОБСТВЕННЫХ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМ С НЕСКОЛЬКИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ К ВАРЬИРОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**Грабовский А. В., Ткачук Н. А., Танченко А. Ю., Ткачук Н. Н.,
Мазур И. В., Набоков А. В.**

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

Для определения чувствительности собственных форм колебаний систем с несколькими степенями свободы к варьированию параметров динамической системы привлекается функция Рэлея. Используется то свойство, что условные минимумы функции Рэлея соответствуют квадратам собственных частот колебаний, а наборы аргументов этих минимумов – тем собственным формам колебаний, соответствующих этим частотам.

Применив к условиям минимума процедуру дифференцирования, удается определить компоненты чувствительности собственных частот и собственных форм колебаний к варьированию параметров исследуемой динамической системы. Если применить для вычисления компонент чувствительности конечно-разностные соотношения, то точные соотношения можно заменить приближенными.

Таким образом, если в динамической системе производится варьирование некоторых инерционно-жесткостных параметров, то это приводит к изменению собственных частот и форм колебаний. При этом зависимость этого изменения от степени варьирования тех или иных параметров можно линеаризовать в окрестности номинальных значений этих параметров, в том числе с привлечением "реперных" решений для конечно-разностной аппроксимации величины чувствительности собственных частот и форм колебаний к такому варьированию. Такой подход применим к системам со многими степенями свободы.

Таким образом, в дальнейшем данные аппроксимации можно применять для решения задач синтеза, поскольку, таким образом, функция отклика в некоторой окрестности номинального набора параметров линеаризуется, и при наличии линейных (или линеаризованных) ограничений (например, по массе) получаем задачу линейного программирования взамен исходной задачи нелинейного программирования.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СОБСТВЕННЫХ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМ С НЕСКОЛЬКИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ К ВАРЬИРОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**Грабовский А. В.¹, Клочков И. Е.¹, Мухин Д. С.¹, Лисовол Я. Н.¹,
Головченко В. И.², Иванина Н. Л.²**

¹Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков,

²НТК ЧАО «АзовЭлектроСталь», г. Мариуполь

При анализе поведения динамических систем, подвергающихся воздействию нагрузок различного происхождения, важной информацией является спектр собственных частот колебаний. Соотнося собственные частоты колебаний с частотами внешних возбуждающих нагрузок, можно определять возможность установления тех или иных опасных режимов (например, резонансных). Естественно, что при обнаружении таких режимов требуется отстроить спектр собственных частот колебаний системы от них, например, за счет целенаправленного изменения параметров динамической системы. Ранее в ряде работ установлено, что изменение спектра собственных частот колебаний при варьировании параметров динамической системы можно линеаризовать. В этих же работах содержится описание способа вычисления компонент массива чувствительности за счет применения т.н. "реперных" решений. Эти "реперные" решения соответствуют точным решениям задачи определения собственных колебаний, решаемой, например, при помощи метода конечных элементов. Таким образом, получается достаточно точный инструмент оперативного анализа отклика спектра собственных частот колебаний на варьирование параметров исследуемых динамических систем.

В то же время информация о спектре собственных частот колебаний и его чувствительности к варьированию тех или иных параметров не совсем полно характеризует свойства как исходной, так и системы с проварьированными параметрами. Важное значение, в частности, имеет возбудимость той или иной собственной формы колебаний, которая определяется соотношением пространственно-временного распределения внешней нагрузки с той или иной формой колебаний. При этом важно, что существенное значение имеет информация и о собственной форме колебаний, и о ее изменении при варьировании тех или иных параметров. В то же время методы определения чувствительности собственных форм колебаний к изменению параметров динамических систем разработаны далеко не в той мере, чтобы оперативно и точно решать задачи анализа и синтеза динамических систем.

В связи с этим разработка методов анализа чувствительности собственных форм колебаний на изменение параметров динамических систем является актуальной и важной научной проблемой. Ее решение применительно к системам с несколькими степенями свободы составляет цель данной работы.

Для решения поставленной задачи привлекается функция Рэлея.

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ КОНТАКТА И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

**Демина Н. А.¹, Ищенко О. А.¹, Назарова О. П.¹, Ткачук А. В.²,
Бондаренко Л. Н.², Зарубина А. А.², Ткачук А. Н.³**

*¹Таврийский государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь*

*²Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

³Университет Штутгарта, г. Штутгарт

При моделировании процесса листовой штамповки одним из актуальных вопросов является исследование баланса перемещений и уровней напряжений в области контактного взаимодействия элементов штамповой оснастки. Традиционные модели приводят к необходимости решения громоздких задач, требующих значительных вычислительных ресурсов и временных затрат. В то же время представляет значительный интерес вопрос качественного предварительного экспресс-анализа влияния некоторых параметров на поведение элементов исследуемой технологической системы. С этой точки зрения представляется актуальной и важной такая задача как, например, контактное взаимодействие элементов разделительного штампа (РШ) с использованием экспресс-моделей. Это составляет цель работы.

Для оперативного анализа напряженно-деформированного состояния элементов единой системы «пресс-штамп – режущий инструмент – заготовка» была проведена серия многовариантных численных расчетов с варьированием различных параметров и конструктивных схем исполнения пакетов, базовых плит, режущего инструмента, свойств и толщины штампуемого материала. Анализ полученных картин распределений перемещений, напряжений и интегральных зависимостей напряжений и перемещений точек элементов РШ служит основой для следующих выводов. 1. Характерными особенностями элементов РШ является наличие резких всплесков контактных давлений в их сопряжениях. Это обусловлено тем, что во многих случаях речь идет о контакте деталей сложной формы по частям согласованных поверхностей. Именно на границах зон контакта в таких случаях прогнозируемо возникают всплески контактных давлений. 2. Сформулированная контактная задача является нелинейной, для которой в общем случае отсутствует линейная связь компонент напряженно-деформированного состояния и прикладываемой нагрузки. 3. Одной из особенностей, подтвержденных в ходе численных исследований, является достаточно устойчивая закономерность: контактная площадка при варьировании действующего усилия практически не изменяется, а достигаемые контактные давления примерно линейно зависят от этого усилия. 4. Обнаруженные особенности распределения контактных давлений предоставляют возможность определения компонент напряженно-деформированного состояния элементов разделительных штампов в виде линейной зависимости (при определенных условиях) от действующего усилия. 5. Полученный массив результатов служит основой для анализа влияния проектно-технологических параметров в широком диапазоне их варьирования на прочностные и жесткостные характеристики элементов разделительных штампов.

СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Денисенко Т.М., Хованський С.О.

Сумський державний університет, м. Суми

Зважаючи на незадовільний стан об'єктів теплоенергетичної галузі України, в останні роки інтенсифікувався попит на використання методів безконтактної діагностики технічного стану споруд та обладнання житлово-комунального господарства. Вирішення задач з оцінки технічного стану будівель, споруд та тепломеханічного обладнання безпосередньо пов'язано з застосуванням методів інструментального контролю і технічної діагностики, зокрема заснованих на дистанційному аналізі поверхневих температурних полів об'єктів за їх власним тепловим випромінюванням.

Принцип дії тепловізора (інфрачервоної камери), як оптико-електронний прилад для візуалізації температурного поля та вимірювання температури, базується на перетворенні випромінення інфрачервоного спектру в видимий діапазон світлового випромінення. Тепловізор дозволяє здійснювати реєстрацію температурного поля обстежуваного об'єкта у вигляді термограм та виявляти локальні аномалії температурного поля на поверхні. Методи теплового контролю є одним із найбільш продуктивних та економічних методів неруйнівного контролю, що дозволяють визначати геометричні параметри дефектів на основі інформації про значення поверхневої температури в різні моменти часу. Більшість науковців, що працюють в області неруйнівних методів теплового контролю, використовують складний математичний апарат для визначення геометричних параметрів дефектів. Недоліком математичних методів є трудоемність і неможливість використання в системах тепловізійного контролю, що працюють в режимі реального часу. Тому розробка нових ефективних методів визначення геометричних параметрів дефектів є актуальною.

Метою даної роботи є створення теоретичних засад побудови, практичної реалізації і дослідження мобільних систем безпілотної авіаційної тепловізійної діагностики, для оцінки технічного стану будівель, споруд та тепломеханічного обладнання. Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання: проаналізувати сучасний стан науково-технічних, методологічних і практичних підходів до інфрачервоної термографічної діагностики просторово розгалужених об'єктів; розвинути теоретичні засади побудови мобільних систем тепловізійної діагностики на базі безпілотної авіаційних комплексів; розробити методи опрацювання експериментальних даних, отриманих під час інфрачервоного термографічного аналізу просторово розгалужених об'єктів; створити діючий зразок мобільної системи безпілотної авіаційної тепловізійної діагностики і провести його натурні дослідження.

Створення таких систем дозволить визначити величину та розподіл втрат теплової енергії у теплових мережах та огорожувальних конструкціях будівель, проводити моніторинг стану теплоізоляції будівель, визначити джерела тепловтрат при розподілі та споживанні теплової енергії, перевірити загальний теплозахист будівель, визначити місця тепловтрат та приховані дефекти будівництва.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ШАРНІРІВ ПІДВІСКИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАГНІТОРЕАЛОГІЧНИХ ЕЛАСТОМІРІВ

Дущенко В.В., Маслієв А.О

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

Досліджено дві конструктивні схеми шарнірів підвіски транспортного засобу у втулках яких, замість гуми, застосовується магнітореологічний еластомір, що дозволяє керувати їх жорсткістю. В процесі керування відбувається зміна модуля зсуву втулок з магнітореологічного еластомиру. Керування жорсткістю відбувається шляхом накладання керуючого магнітного поля на втулки шарнірів.

У першому варіанті конструкції шарніру котушку із струмом, що створює магнітне поле, було розташовано в межах шарніру. Перевагою такої схеми є те, що габарити важеля залишаються незмінними. Недоліки полягають у складності технології виготовлення, складності забезпечення належного зчеплення втулки із корпусом шарніру, обмеженні простору для розташування котушки з необхідною кількістю витків та проблемах з тепловідведенням.

У другому варіанті конструкції, котушку розташовано з торцевої сторони пружної втулки, а утворююча її конічної поверхні складає із віссю кут, що задається. Між торцевими частинами кронштейна та важеля встановлено виконану із магнітореологічного еластомиру додаткову кільцеву втулку, один із торців якої виконано у вигляді конічної поверхні із кутом нахилу до осі утворюючої, що задається. Така конструкція позбавлена, згаданих вище, недоліків, перевагою ж є спрощення заміни котушки та забезпечення необхідного тепловідведення, але габарити важеля дещо зростають.

На обидві конструкції шарнірів отримано патенти України.

Для дослідження магнітних полів, що створюються у втулках шарнірів з магнітореологічних еластомирів у обох варіантах конструкції, застосовано програму "Femm" (Finite element method magnetics).

Розрахунки у середовищі "Femm" відбуваються за методом кінцевих елементів. Вихідними даними для розрахунку у середовищі "Femme" є креслення об'єкту, фізичні характеристики матеріалів складових магнітного ланцюга, та магніто-рушійна сила (ампер-витки). Результат розрахунку отримуємо у вигляді таблиць для точок складових магнітного ланцюга.

У якості матеріалу магнітного наповнювача магнітореологічного еластомиру розглядалися варіанти карбонільного заліза та матеріалів з високою магнітною проникністю, таких, як пермалой чи нікель.

Дослідження було проведено з метою отримання необхідної величини індукції магнітного поля у межах втулки шарніру та рівномірного розподілу її в межах об'єму втулки.

Доведено, що другий варіант конструкції шарніру дозволяє отримати більшу індукцію та кращий її розподіл у межах втулки.

ОПТИМАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ КУТА НАХИЛУ КУЗОВА ШВИДКІСНОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Єріцяє Б.Х. Якунін Д.І.

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

Динамічний вплив рухомого складу на шлях в кривих ділянках відрізняється від впливу на нього в прямих тим, що з'являються додаткові сили: напрямні зусилля; відцентрова сила, яка прагне нахилити кузов екіпажу в зовнішню сторону і додаткові сили інерції, які викликаються появою лінійних кутових прискорень при обертанні екіпажу щодо вертикальної осі.

Для врівноваження дії відцентрової сили в кривих ділянках застосовують підвищення зовнішньої рейки, в результаті якого з'являються:

- доцентрова сила, яка прагне нахилити екіпаж всередину кривої;
- лінійні і кутові прискорення при повороті екіпажу відносно горизонтальної поздовжньої і поперечної осей екіпажу, в свою чергу викликають нові додаткові сили інерції.

Розроблено методику визначення оптимального кута нахилу, що включає максимізацію цільової функції за визначенням швидкості руху в залежності від кута нахилу для встановлених значень радіуса кривої і піднесення рейки, а також обмеження по різниці навантажень на рейки шляху, по стійкості екіпажу при проходженні кривих, по допустимому навантаженні на рейки і по вписуванню екіпажу в криві ділянки колії.

Встановлено такі залежності обмежень, що впливають на кут нахилу: значення максимальної швидкості руху монотонно зростає зі збільшенням кута нахилу кузова електропоїзда, що обумовлено компенсацією непогашеного поперечного прискорення на 37...62%. Обмеження кута нахилу ступенем розвантаження внутрішнього колеса зростає зі збільшенням швидкості руху і зменшенням радіусу кривої та підвищення зовнішньої рейки.

Таким чином, електропоїзд, що рухається зі швидкістю 140 км/год, може пройти криву з мінімальним радіусом 1200 м при відсутності підвищення рейки, а при підвищенні 0,16 м цей радіус зменшується до 750 м.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОЛЕНВАЛОВ

**Семёнтковский Збигнев¹, Морозов Дмитрий¹, Наройчик Ежи¹,
Руцкий Мирослав¹, Лавриненко С.Н.²**

¹ Университет технологии и гуманитарных наук им. К.Пулаского, г. Радом

² Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Механическая обработка монолитных крупногабаритных коленчатых валов требует больших затрат времени и человеческих ресурсов. При этом во время их обработки часто возникают случайные повреждения, из-за которых весь коленвал диаметром более метра и длиной более 10 метров выбраковывается. Исходя из этого, абсолютно необходимо соблюдать все технологические требования их механической обработки и параметры режима резания: скорости, подачи и глубины резания. В противном случае на обработанных поверхностях образуются зоны внутренних напряжений, а высокая температура в области резания может привести к локальным деформациям и, в результате, к снижению его работоспособности и долговечности.

Во время производственного процесса изготовления монолитных крупногабаритных коленчатых валов необходимо вводить корректировку параметров обработки, связанную с индивидуальными характеристиками материала и конкретным типом обрабатываемого вала. Если индивидуальные и типовые различия не будут приниматься во внимание, в процессе могут появиться непредвиденные ситуации, которые могут значительно увеличить время обработки, а также привести к появлению дефектов и даже выбраковке дорогостоящих заготовок.

В связи с большой массой обрабатываемого коленчатого вала (порядка 20 тонн и более), обеспечение точных параметров соосности (coaxiality) коренных шеек с погрешностью порядка 50 мкм и точности их цилиндрической формы (cylindricity) с погрешностью порядка 20 мкм во время чистовой обработки представляет собой отдельную и довольно сложную проблему.

Для решения этой проблемы разработана технология шлифовки коленчатых валов, состоящая из двух этапов: на первом этапе припуск на предварительную шлифовку задается в пределах от 1,0 до 1,5 мм, а на втором этапе припуск на чистовую шлифовку задается в пределах от 0,3 до 0,4 мм.

При этом в первую очередь обрабатываются коренные шейки, а затем шатунные. После шлифовки шеек производится контроль их качества. На основании показаний флексометров производится корректировка установки опор коленчатого вала с целью восстановления его реальной оси.

Экспериментальные исследования проводились на трех видах коленчатых валов с разными габаритными размерами и с различными исходными материалами заготовки. Результаты окончательных измерений во время контроля качества готовой продукции подтвердили эффективность разработанной технологии.

**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН В НТУ «ХПИ»:
ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА**
Зинченко Е. И., Кротенко Г. А.
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе рассмотрены вопросы истории дисциплины «Теория механизмов и машин» в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт».

Все специалисты машиностроители знают, что теория механизмов и машин (ТММ) – научная дисциплина (или раздел науки), которая изучает строение, кинематику и динамику механизмов. ТММ решает задачи разработки общих методов исследования структуры, кинематики и динамики типовых механизмов. Главное отличие ТММ от учебных дисциплин, изучающих методы проектирования специальных машин, в том, что ТММ основное внимание уделяет изучению методов синтеза и анализа, общих для данного вида механизма, независимых от его конкретного функционального назначения. Специальные же дисциплины изучают проектирование только механизмов данного конкретного назначения, уделяя внимание специфическим требованиям. При этом широко используются общие методы синтеза и анализа, которые изучаются в ТММ.

В рамках первой лекции студентам, начинающим изучать столь важный предмет, мы рассказываем, что ТММ как самостоятельная научная дисциплина, подобно другим прикладным разделам науки, возникла в результате промышленной революции, начало которой относится к 30-м годам XVIII века. Однако машины существовали задолго до этого времени. Поэтому, вспоминая имена великих ученых, внесших вклад в историю развития ТММ, можно условно выделить четыре периода: период эмпирического машиностроения до начала XIX века, в течение которого изобретается большое количество простых машин (подъемники, мельницы, ткацкие и токарные станки, паровые машины и др.); от начала до середины XIX века период развития ТММ (в этот период пишутся первые научные монографии по механике машин, читаются первые курсы лекций и издаются первые учебники); от второй половины XIX века до начала XX века период фундаментального развития (разработаны основы структурной теории, основы аналитической теории зацепления, метод планов скоростей и ускорений и многие другие разделы); от начала XX века до настоящего времени период интенсивного развития всех направлений ТММ как в нашей стране, так и за рубежом.

История кафедры ТММ в НТУ «ХПИ» насчитывает более 80-ти лет. А лекции? Первые лекции по теории механизмов и машин (прикладная механика) читались с самого начала деятельности нашего университета. Архивные данные (расписание занятий, распределение нагрузки и содержание учебных планов) показывают, какое важное место занимала эта дисциплина в подготовке инженеров-механиков в нашем вузе в прошлом. Надеемся, что так будет и в будущем.

ДІАГНОСТИКА СТАБІЛІЗАТОРІВ ТАНКІВ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОГО ЧАСУ ПРОВЕДЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО РЕМОНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK

Карпик А. О.¹, Макогон О. А.², Дюк В.Ю.², Гречихіна М.В.³

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

*²Факультет військової підготовки Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,*

*³Державна гімназія-інтернат з посиленою фізичною підготовкою
«Кадетський корпус», м. Харків*

Діагностика, пошук неполадок, їх усунення та військовий ремонт, є вирішальними факторами формування системи знань, навичок та вмінь, від яких залежить технічний стан озброєння і підтримання бойової готовності бойових машин в підрозділах Збройних Сил України. Сьогодні є актуальною проблема пошуку методики діагностики стабілізаторів танків в умовах обмеженого часу проведення військового ремонту. Так, постає необхідність визначення необхідного набору тестів та систему обробки отриманих результатів їх виконання. Принциповою стороною в цьому є вдосконалення методики технічної діагностики в частині розширення складу діагностичної інформації, що залучається для прийняття рішення, а також скорочення часу на формалізацію процесу обробки результатів виконання тестів.

Розглядається імітаційне моделювання як засіб моделювання несправностей та визначення реакції тестів на кожну з них, побудови так званих словників несправностей та виробки рекомендацій щодо напрямків оптимізації алгоритму діагностування систем стабілізації танку. Для створення імітаційної моделі процесів, які протікають в стабілізаторі, пропонується подати останній як САР по відхиленню. Це дасть змогу провести дослідження структурної схеми, передавальних функцій та частотних характеристиках системи стабілізації башти, гармати та поля зору.

У сучасних обставинах пропонується програмна реалізація імітаційної моделі у графічному середовищі візуального моделювання MATLAB/SIMULINK, що розповсюджується з відкритим вихідним кодом. Об'єктами регулювання в даній системі є гармата і башта, а величини, що регулюються – їх кутові швидкості Ω_2 і Ω_6 відповідно. Безумовною перевагою імітаційного моделювання є можливість аналізу функціонування великого набору різноманітних елементів і пристроїв, що працюють на різних фізичних принципах та мають різне конструктивне оформлення. Штучне введення несправностей потенціометрів блоку управління сигналу електронного підсилювача підтвердили залежності часу на встановлення гармати і башти на лінію візірування.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСМІСІЇ ГУСЕНИЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА-ТЯГАЧА МТ-ЛБ ЗА МАСОЮ

Клочков І. Є., Бондаренко О. В., Устиненко О. В.

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

Сучасне транспортне машинобудування висуває все більш жорсткі вимоги до масогабаритних характеристик машин. Безумовно, на масу машини у цілому суттєво впливає маса її окремих агрегатів, таких як трансмісія. Отже, максимально можливе зниження маси останньої є актуальною науково-технічною задачею.

Одна із найбільш поширених в Україні військових гусеничних машин – легкий багатоцільовий гусеничний транспортер-тягач МТ-ЛБ. Сьогодні він вже не відповідає сучасним тактико-технічним характеристикам. У зв'язку з цим за останні роки запропоновано багато варіантів його модернізації, більшість з яких полягає в заміні двигуна на більш потужний. При цьому виникає проблема перевантаження його агрегатів, насамперед трансмісії, але підвищення її навантажувальної здатності шляхом збільшення габаритів практично неможливо. Причиною цього є обмеженість існуючих габаритів моторно-трансмісійного відділення машини.

Вихід із цієї ситуації полягає в оптимальному за масою проектуванні нової трансмісії при забезпеченні її навантажувальної здатності, довговічності та вимоги розміщення в існуюче моторно-трансмісійне відділення.

На теперішній час авторами виконано наступне.

1. Побудовано цільову функцію оптимізації за масою, яка досить коректно моделює трансмісію, тому що враховує геометричні, міцнісні та масогабаритні властивості основних деталей та вузлів.

2. Визначені змінні проектування, у якості яких обрані основні геометричні параметри зачеплень: модулі m , числа зубців z_1, z_2 та кути нахилів зубців β . Також обчислено розмірність задачі.

3. Побудовано систему обмежень, які накладаються на змінні проектування. Вони дозволяють раціонально окреслити простір пошуку та повністю характеризують усі зв'язки геометрії, конструкції, міцності та інших показників трансмісії.

4. У подальших дослідженнях планується обрання методів розв'язання задачі оптимізації, побудова прикладних методик і алгоритмів, виконання тестових і перевірочних розрахунків щодо підтвердження та оцінки отриманих теоретичних результатів.

ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОЛІСНИМ ТРАКТОРОМ З БЕЗСТУПНЧАСТОЮ ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Кожушко А.П., Пелипенко Є.С.

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

В роботі розглянуто питання керування параметром регулювання гідромашин в гідрооб'ємній передачі (ГОП) в складі колісного трактора з гідрооб'ємно-механічною трансмісією в умовах розгону та гальмування. Для реалізації, отриманих в роботі [1] раціональних змін параметрів регулювання гідромашин ГОП, необхідно розробити систему керування, яка пошуковим впливом здійснює рух в бік екстремумів за допомогою адаптивною системою керування (або екстремальними системами керування). На рис. 1 наведено одна з можливих адаптивних систем керування.

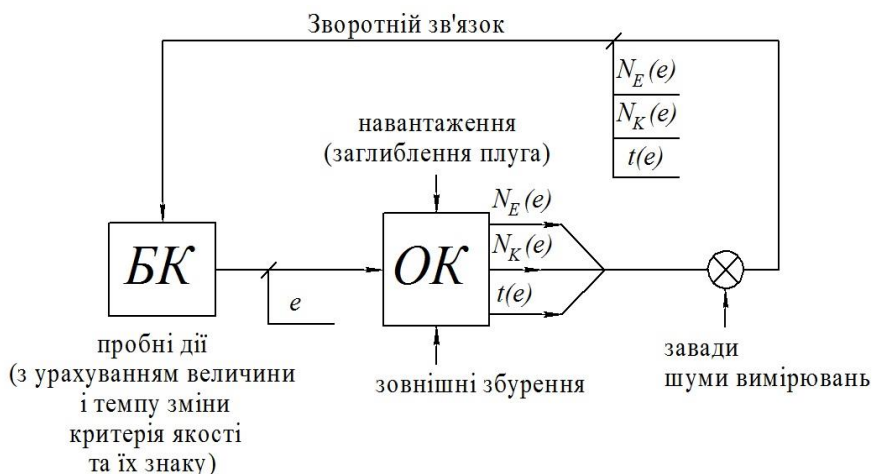


Рисунок 1 – Адаптивна система керування:
БК – блок керування; ОК – об'єкт керування

Метою керування є знаходження траєкторії зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП. Враховуючи те, що система керування є пошуковою, то в ній немає завдання (уставки), тому при прирощенні параметра регулювання гідромашин ГОП необхідно, щоб виконувався тяговий баланс:

На початковому етапі розроблювалось виконання лише по пропорційній гілці (з урахуванням значення критерію якості), в подальшому система керування модернізована шляхом додавання диференційної гілки, то б то при розрахунку чергового прирощення параметру регулювання гідромашин ГОП, враховується темп зміни критерію якості та знак, що дозволило збільшити точність регулювання.

Література:

1. Samorodov V. Formation of a rational change in controlling continuously variable transmission at the stages of a tractor's acceleration and braking / V. Samorodov, A. Kozhushko, E. Pelipenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2016. – № 4/7 (82). – P. 37 – 44. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75402.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ WEB-САЙТУ

Коноваленко О. Є.¹, Брусенцев В. О.²

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»,

²*Харківська державна академія культури, м. Харків*

Завдання створення та обслуговування власного web-сайту є нагальними для великих державних і комерційних організацій. Будь-який корпоративний сайт є досить складним, безперервно розвивається і вдосконалюється, наповнюється кількісно і якісно новим змістом, відповідно питання вибору інструментарію для його поповнення та підтримки надзвичайно важливий. Часто виникають питання про те, які використовувати web-технології, якої кваліфікації повинен бути web-розробник і хто буде займатися постійним супроводом web-сайту.

Для розробки web-сайту розробники залежно від його подальшого призначення використовують різні підходи, але обов'язково необхідно знання наступних засобів: HTML, CSS, JavaScript, PHP, MySQL та ін.

Крім вказаних засобів, слід враховувати різноманіття сучасних середовищ створення web-сайтів: Macromedia Dreamweaver, Macromedia Flash, Macromedia Fireworks, Macromedia FreeHand, Macromedia HomeSite, Microsoft FrontPage, Adobe GoLive CS. Також можна створювати web-сторінки в таких поширених програмах як Microsoft Word, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, CorelDraw.

Останнім часом стало модним створення web-сайту з шаблону з наступною доробкою і модифікацією. Але спочатку необхідно вибрати систему управління вмістом сайту, тобто систему CMS (Content Management System). Найбільш популярними є наступні CMS: WordPress, Joomla, Drupal, Modx,TYPO3, ImageCMS, uCoz, WIX, Umi.Cms, 1С-Битрикс, CMS Made Simple, PHP-Nuke, e107. Проведений аналіз даних CMS і специфіки розробки багатосторінкового корпоративного web-сайту дозволив виділити трійку лідерів: Joomla, Drupal, ImageCMS. Для розробки більш простого сайту-візитки або особистого сайту (BLOG'у) рекомендується скористатися багатством шаблонів для CMS і шаблонів конструкторів сайтів таких, як WordPress, WIX, uCoz та ін. Але CMS – це шаблонний інтерфейс для управління вмістом сайту, що унеможливорює їх використання для нетипових сайтів.

Для більшої гнучкості web-сайту слід використовувати фреймворки. Існує великий вибір frontend-фреймворків (jQuery, Bootstrap, AngularJS, Backbone.js, Prototype та ін.), а також більше 40 backend-фреймворків різних версій (Laravel, Symfony, Codeigniter, Yii, CakePHP та ін.).

Вибір фреймворку не заснований на функціоналі, який кожен з них може запропонувати. Він залежить від початкової мети, вимог до проекту, загальної функціональності фреймворку і як її можна застосувати в кожному конкретному випадку.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В СТАБИЛИЗАТОРАХ ОСНОВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ТАНКА

Костяник И.В., Лазаренко А.А.

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

В статье [1] рассмотрен инвариантный стабилизатор танковой пушки в канале вертикального наведения, реализующий закон стабилизации $u_\varphi(t) = k_\varphi \varphi(t) + k_\omega \frac{d\varphi(t)}{dt} + k_p \Delta p(t)$, где $\Delta p(t)$ – разность давлений рабочей жидкости в полостях исполнительного гидроцилиндра. Внешнее возмущение $M_\varepsilon(t)$ вызывает перепад давлений в полостях исполнительного гидроцилиндра, причем $M_\varepsilon(t) = k_M \Delta p(t)$. При этом стабилизатор начинает реагировать на внешнее возмущение, не дожидаясь отклонения объекта стабилизации от заданного направления, а замкнутая система наведения и стабилизации приобретает свойство инвариантности к действию внешнего возмущения.

При движении танка по пересеченной местности подрессоренная часть его корпуса совершает вертикальные и продольно-угловые вынужденные колебания. При этом рамки гироскопических чувствительных элементов совершают прецессионные и нутационные колебания, которые можно рассматривать как помехи измерений, существенно влияющие на точность стабилизации оси канала ствола танковой пушки. Кроме того, составляющие сухого трения в оси цапф пушки и в исполнительном гидроцилиндре приводят к появлению высших гармоник при измерении сигнала $\Delta p(t)$, которые тоже рассматриваются как помехи измерений.

Для повышения помехозащищенности цифрового стабилизатора танковой пушки в алгоритмах стабилизации используются цифровые низкочастотные фильтры Баттеруорта [1], которые достаточно эффективно подавляют высокочастотные помехи. Вместе с тем, использование фильтров Баттеруорта приводит к заметному фазовому запаздыванию выходного сигнала фильтра относительно входного. В работе [2] показано, что для подавления высокочастотных помех стабилизаторов танкового вооружения более эффективным является использование динамических фильтров, в частности фильтров Калмана или наблюдателей Люенбергера [3].

В данной работе решена задача выбора варьируемых параметров фильтра Калмана, обеспечивающих достаточно быстрое затухание вычислительного процесса оценки значений элементов матрицы коэффициентов усиления динамического фильтра.

Литература:

1. Александров Е.Е. Параметрический синтез системы наведения и стабилизации танковой пушки / Е.Е. Александров, Т.Е. Александрова // Проблемы управления и информатики. – 2015. – №6. – С. 5–20.
2. Александрова Т.Е. Инвариантный стабилизатор основного вооружения танка / Т.Е. Александрова, И.В. Костяник, А.А. Лазаренко // Механіка та машинобудування. – 2016. – №1. – С. 15–23.
3. Потапенко С. М. Основы теории автоматического керування/ С. М. Потапенко, А. С. Казурова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2007. – 158 с.

НОВІ МЕТОДИ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНОГО ЗМІЦНЕННЯ ВЫСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**Кравченко С. О.¹, Шеремет В. М.¹, Ткачук М. А.¹,
Веретельник О. В.¹, Шейко О. І.², Бєлов М. Л.²**

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
²ДП «Завод ім. Малишева», м. Харків*

Будь-яка робота із обґрунтування нових методів зміцнення деталей машин, повинна мати 3 складові: актуальність, важливість та ефективність. Що стосується актуальності роботи, то вона незаперечна. Дійсно, аналіз сучасного стану подібних розробок у світі свідчить, що методи азотування, загартування, ціанування, лазерної обробки поверхні, вакуумно-плазмового напилення тощо мають суттєві недоліки. Серед них: тривалість, енергозатратність, зношуваність, низька стійкість тощо. Разом із тим ці недоліки мають принциповий характер і не можуть бути усунені в силу їхньої природи. Отже, вирішується актуальна прикладна проблема. Важливість роботи викликана тенденціями до інтенсифікації експлуатаційних режимів машин (робочих температур, тиску, навантажень на конструктивні елементи, деталі тощо). За таких умов експлуатації важливо задовольнити високі вимоги, що ставляться до деталей машин: довговічність, витривалість та міцність. Ефективність роботи визначається нагальною необхідністю поліпшення техніко-економічних показників, енергоефективності виготовлення, ремонту та експлуатації машин на сучасному етапі розвитку техніки, у першу чергу – військової та стратегічних видів цивільної техніки, причому у короткі терміни та із помірними витратами.

Відповідно, мета роботи – розроблення нової комплексної енергозберігаючої технології виготовлення і ремонту на базі дискретного та дискретно-континуального зміцнення відповідальних важконавантажених деталей військових та цивільних машин. Суть методу дискретного зміцнення - створення не суцільного покриття, як у традиційних технологіях, а архіпелагу зон дискретного зміцнення на поверхні деталей машин за допомогою електроіскрового легування. На відміну від традиційних варіантів подібних технологій: 1) різко підвищується інтенсивність та знижується тривалість електроімпульсу при обробці; 2) матеріал у зоні зміцнення переміщується та легується у полум'ї дуги; 3) зона зміцнення має природне зчеплення з основою, з одного боку, та високу твердість, міцність та низьку зношуваність – з іншого боку. Крім того, запропоновано поєднати спряження дискретно зміцненої деталі із континуально зміцненою деталлю, наприклад, методом корундування. У ході досліджень виявлено, що при навантаженні контактним тиском поверхня зміцненої деталі набуває хвилястого нанопрофілю. При цьому навантаження, тертя та зношування відбуваються через матеріал зони дискретного зміцнення, а в області матеріалу матриці шляхом самоорганізації з'являються зони змащування та видалення мікрочасток зношеного матеріалу. Це – т.з. Δ -ефект. Інший, σ -ефект, полягає у підвищенні міцності за рахунок міграції високих напружень у зони дискретного зміцнення, матеріал яких володіє вищими механічними характеристиками. У результаті – одночасне зростання ресурсу, міцності та зниження втрат енергії. Таким чином, розроблена технологія дає зростання не окремих, а цілого комплексу трибомеханічних властивостей.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТЕ

Кривошапов С.И.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков*

Деятельность любого предприятия связана с обработкой информации производственно-хозяйственного характера, включая учет и контроль расхода топлива. На предприятии осуществляться учет потребления горюче-смазочных материалов по первичному документу произвольной формы, составленного по факту его потребления. Для автоматизации такого учета целесообразно использовать компьютерные технологии, где учет и хранения первичной информации осуществлять в электронном виде с возможностью ее дублирования на бумажном носителе.

Хранение первичной информации осуществлять на основе систем управления базами данных и систем поддержки принятия решений. Организация доступа к данным должна осуществляться программными средствами, которые способны работать с различными операционными системами, а для создания прикладного программного обеспечения необходимо использовать программную среду поддерживающие кроссплатформенную среду исполнения и имеющие свободную лицензию.

Взаимодействие пользователя с базой данных можно организовать через Веб-приложение. Тогда клиентом выступает браузер, в среде которого работает приложение, не зависящее от конкретной операционной системы пользователя. Большая часть логики приложения осуществляется на стороне сервера.

Фактическое значение расхода топлива на автомобиле может быть получено путем измерения уровня топлива в топливном баке электронными измерительными средствами, по расходомеру топлива, установленного в топливную систему автомобиля, по данным контролера управления двигателем, полученного компьютером через диагностической разъем.

Информация о расходе топлива может быть получена путем постоянного мониторинга расхода топлива в процессе движения автомобиля и передачей данных во время движения автомобиля. В системах спутникового мониторинга транспорта необходимо организовать взаимодействия между несколькими серверами: базы данных, картографической подсистемы, телекоммуникационным сервером и сервером приложения.

Необходимо предусмотреть средства визуализации полученной и обработанной информации, возможность составления и распечатки отчетов, возможность импортировать результаты в офисные программы, передачу данных в систему управления предприятием и бухгалтерского учета материальных ценностей.

Расход топлива может выступать интегральным диагностическим показателем характеризующего общее техническое состояние транспортного средства, по которому можно корректировать периодичность технического обслуживания машин и оценивать необходимость проведения ремонта.

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПРИВОДУ

Кривякін Г.В., Афанасьєва О.С.

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

Лінійні електромеханічні перетворювачі використовуються на рухомому складі залізниць у якості активних зав'язків та силових елементів у системах ресорного підвішування.

При проектуванні концепції допоміжного технологічного обладнання задля випробувань швидкісних поїздів з системою нахилу кузовів – каткового стенду – ми додали до вже відомих типів стендів можливість імітувати дію відцентрової сили інерції, а у якості силових імітаторів запропонували використовувати лінійні електромагнітні двигуни.

Нами також було запропоновано використання лінійного електромагнітного двигуна у якості силового приводу в системі примусового нахилу кузовів швидкісного рухомого складу, замість електромеханічної системи, що використовується деякими провідними світовими виробниками швидкісних поїздів.

Такі приводи мають ряд переваг у порівнянні з приводами на базі ротативних електричних машин. Це стосується у першу чергу улаштування та відсутності необхідності використовувати додаткові елементи, які перетворюють обертовий рух у лінійне переміщення виконавчого механізму. Крім того, з точки зору безпеки руху система з електромеханічним приводом має такий суттєвий недолік як неможливість кузова вагона самостійно повернутись у вихідне положення у разі відключення живлення чи інших аварійних ситуаціях. У лінійного електромагнітного приводу такої загрози не існує. Також нами була показана перевага використання приводу на базі лінійних двигунів і по масогабаритним показникам.

Впровадження лінійних електродвигунів у різноманітні вузли рухомого складу супроводжується удосконаленням існуючих та розробкою нових конструкцій цього типу електричних машин.

У процесі дослідження робочих властивостей лінійного двигуна для системи нахилу кузова нами був виявлений ряд закономірностей впливу форми конструктивних елементів двигуна та їх взаємного розташування на його робочі властивості. Ці закономірності полягли в основу створених нами конструктивних схем лінійних двигунів двоспрямованої дії та полегшеної конструкції для системи нахилу кузовів та забезпечили досягнення необхідної тягової характеристики цих двигунів.

Виходячи з цього, подальші дослідження повинні проводитися у напрямку встановлення закономірностей, що дозволять синтезувати конструктивне улаштування лінійного двигуна у залежності від робочих характеристик, які потребуються.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШТАМПОВ ДЛЯ ВЫДАВЛИВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Кротенко Г.А., Зинченко Е.И.

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

В работе рассмотрены вопросы проектирования штампов холодного выдавливания тонкостенных деталей в многопозиционном штампе.

Выдавливанием получают большое количество деталей типа втулок, коробок и стаканов. Эти детали характеризуются большим разнообразием, так как в зависимости от назначения их изготавливают из различных марок стали и сплавов цветных металлов.

Технология холодного выдавливания позволяет изготовить детали, обладающие высокими механическими свойствами и высокой точностью размеров.

Для изготовления деталей холодным выдавливанием с высокой степенью деформации используют следующие способы: комбинированное выдавливание за один переход, выдавливание за два перехода с утонением стенки и выдавливание за два перехода без утонения стенки.

Экономическая эффективность процесса выдавливания и качество деталей в значительной степени зависят от принятой конструкции штампа. Повышение эффективности малоотходных технологий выдавливания и возможность их автоматизации тесно связаны с оптимизацией конструкции штампа. Штампы для выдавливания работают в очень тяжелых условиях и поэтому ошибки и неточности в их конструкциях приводят к снижению их стойкости. Использование многопозиционных штампов обеспечивает соосность заготовки с полостью матрицы, высокую точность штампуемой детали и стойкость инструмента при обратном выдавливании (рис. 1).

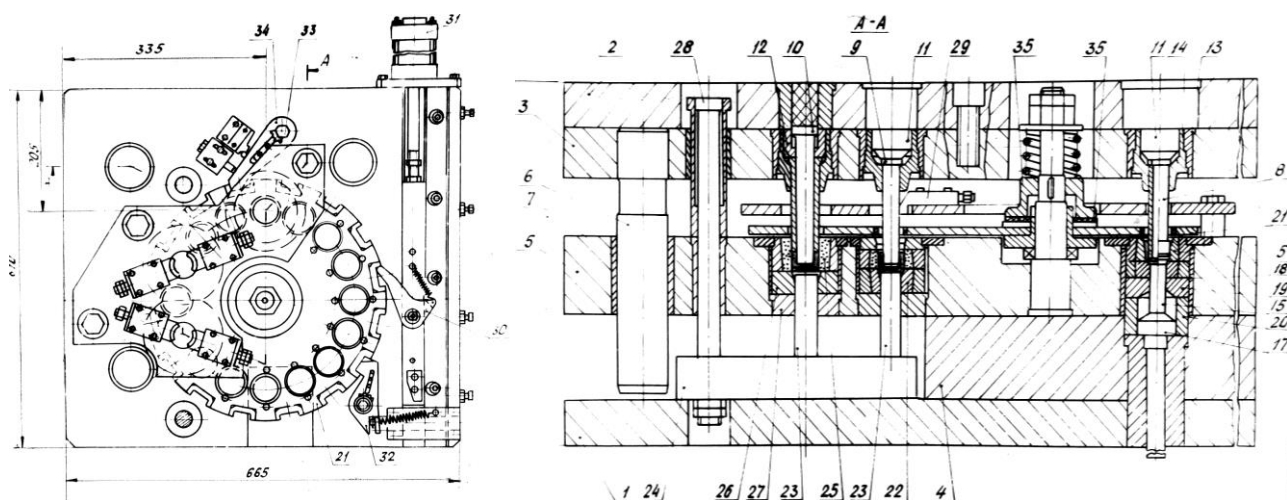


Рисунок 1 – Схема многопозиционного штампа для выдавливания детали типа «стакан»

ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОПОГЛАЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Лавриненко С.Н., Крамская Е.И.

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

Известно [1], что один из самых распространённых способов защиты БТТ от радиолокационного обнаружения является использование на внешней поверхности машины радиопоглощающих материалов (РПМ). При этом, применение РПМ предполагает совмещение ряда важных требований, критериев и параметров, таких как: высокие поглощающие свойства в широком диапазоне волн; малая толщина и масса; коррозионная стойкость; механическая прочность и т.п. Трудоемкость их нанесения на поверхность БТТ должна быть сведена к минимуму, но при этом имеет место стремление повысить электрические характеристики за счет увеличения числа слоев в покрытии, что, в свою очередь, усложняет технологию его нанесения, а значит приводит к удорожанию [2]. Таким образом, компромисс между этими требованиями вынуждает искать оптимальные решения. Поскольку таких решений несколько, то необходимо формулировать задачу многокритериальной векторной оптимизации. Эту задачу можно сформулировать, в следующем виде:

$$\min_{x \in S} d(\alpha \otimes M \{F(x)\}, B), \quad (1)$$

где S – область допустимых значений x ; $F(x) = \{f_1(x), \dots, f_r(x)\}$; M – мерная вектор функция; $B = \{b_1, \dots, b_r\}$ – мерный вектор-цель; d – расстояние между F и B ; $\alpha = \left\{ \alpha_i \geq 0, i = \overline{1, r}, \sum_{i=1}^r \alpha_i = 1 \right\}$ – вектор весовых коэффициентов;

\otimes – знак покомпонентного умножения векторов.

Поскольку решение задачи не улучшаемо по векторному критерию, необходимо найти хотя бы одно решение, принадлежащее области компромиссов, то есть, такое значение $x^* \in S$, чтобы:

$$d(\alpha \otimes M \{F(x^*)\}, B) \leq d(\alpha \otimes M \{F(x)\}, B), \forall x \in S. \quad (2)$$

Использование многокритериальной векторной оптимизации позволит в полной мере учесть характеристики РПМ и их взаимное влияние. Это снизит трудоемкость и стоимость их нанесения, а в целом позволит получать более полную и общую характеристику любого РПМ.

Литература:

1. Алексеев А. Г. Технологический метод улучшения радиотехнических характеристик резиновых радиопоглощающих покрытий / А.Г. Алексеев, Б.В. Айзикович, Т.Г. Безъязыкова // Технология судостроения, 1986. – №2. – С.73-75. 2. Атрошенко Ю.К. Методика оптимизации параметров однослойных радиопоглощающих покрытий / Ю.К. Атрошенко, Н.В. Мельников, В.А. Пиляев, В.А. Ткаченко // Вестник бронетанковой техники. – М: ЦНИИ информации, 1988. – 50 с.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДЕНОГО ПОРШНЯ ДЛЯ ДВОТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ ТИПУ Д100

Ліньков О.Ю., Кравченко С.О., Коринкевич А.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Залізничні дороги в Україні забезпечують 82% вантажних і 50% пасажирських перевезень, причому, в структурі локомотивного парку значну частину складають тепловози. З аналізу технічного стану тепловозів за останні роки встановлено, що кількість відмов і несправностей під час перевезення тепловозів, пов'язаних з пошкодженням дизеля, становить близько 35%. В окремих випадках кількість відмов дизеля на шляху прямування може досягати 65% від значення загальних відмов тепловоза.

Таким чином, ефективність експлуатації тепловоза визначається його основною енергетичною установкою - дизелем.

На сьогодні ще багато магістральних тепловозів оснащені дизелями 10Д100. Згаданий дизель був створений у середині 20го сторіччя та пройшов декілька модернізацій. В умовах жорсткої конкуренції на ринку і посилення екологічних нормативів він вже не відповідає сучасним вимогам та потребує суттєвої модернізації. Одним з елементів конструкції що потребує змін є поршень.

У рамках магістерської роботи було виконано аналіз шляхів вдосконалення конструкції поршня дизеля типу Д100 та запропонована нова конструкція складеного поршня. Внесені конструктивні зміни дозволили зменшити масу поршня з 39,6 кг до 27,1 кг, тобто на 12,5 кг.

В роботі було проведено тепловий розрахунок та розрахунок динаміки двигуна який показав що запропоновані конструктивні зміни дозволяють зменшити силу інерції поступально рухомих мас і бічну силу майже на 20%.

Моделювання теплового стану поршня показало працездатність запропонованої конструкції.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДВІСКИ БТР-80 ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Макогон О. А., Рибачок Д. В., Феоктістов О.Ю., Колеснік В.Г.

Факультет військової підготовки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Розвитку бронетранспортерів (БТР) в останні часи приділяється значна увага. Основна проблема конструювання підвісок полягає в тому, що вимоги з боку стійкості, керованості й комфортності виявляються суперечливими. Зазвичай, характеристики підвіски оптимізують з погляду середньостатистичних умов, в яких буде працювати БТР. Однак, підвіска, оптимізована у всьому діапазоні умов експлуатації БТР, може бути неоптимальною в кожній з конкретних поточних ситуацій, що відрізняються від розрахункової середньостатистичної.

Автоматичне управління параметрами підвіски, звичайно, ефективніше за ручне, але вимагає оснащення БТР певними датчиками, виконавчими пристроями, а також контролерами, налаштованими для обробки інформації за визначеними протоколами обміну.

Пропонується варіант системи управління, організованої як класична САР з від'ємним зворотним зв'язком, яка працює на основі контролерів, та реалізує значення параметрів підвіски по певному детермінованому закону.

Збір вхідної інформації реалізується встановленням потенціометричних датчиків висоти кузова, кутового положення ведучого колеса БТР, положення дросельної заслінки та швидкості руху автомобіля, тиску в гальмовій системі. Контролер як системний модуль встановлює фіксоване відображення показників датчиків у заздалегідь визначені команди виконавчим пристроям (наприклад, шаговий двигун), що реалізують вказані значення параметрів підвіски. Таким способом можна здійснювати оптимізацію параметрів динамічної системи підресорювання корпусу БТР за більш складними законами управління.

Основу системного модуля становить мікроконтролер з пристроями вводу-виводу, програмне забезпечення дозволяє їх функціонування за протоколами, сумісними зі стандартними діагностичними інтерфейсами типу OBD.

За допомогою математичної моделі пропонується визначити коефіцієнти K_{μ} , які можуть бути використані при розробці програми управління підвіскою БТР-80 для більш точної зміни жорсткості підвіски колісної машини при русі по нерівностях та вибору оптимальних параметрів.

Література:

1. Колесные и гусеничные машины высокой проходимости. Под общей редакцией Александрова Е. Е., в 10-ти томах, Харьков, ХГПУ, 1996. 2. Яковлев В. Ф. Диагностика электронных систем автомобиля. Навчальний посібник. М.: Солон-прес, 2003.

НАПРЯМКИ ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ

Мисюра М.І.

*Харківській національній автомобільно-дорожній університет,
м. Харків*

Дизельні палива (ДП) мають істотні переваги перед бензинами. Одними з основних недоліків дизельних палив є деякі їх властивості, що призводять до труднощів запуску дизельних двигунів в умовах температур навколишнього середовища нижче 0 °С. Тому дизельні палива випускаються з характеристиками у відповідності до пори року. Вони є мало не єдиними нафтопродуктами, що мають сезонні вимоги до показників їх якості.

Дизелі отримали широке поширення. Їх усереднений ККД майже удвічі може перевищувати ККД карбюраторного двигуна. Дизельні двигуни підрозділяють на високо-, середньо- і малооборотні. Для кожного типу призначено своє пальне. Високооборотні дизелі встановлюють в основному на автомобілях. Для них призначено паливо, яке звичайне і називають дизельним.

Основні транспортні засоби, що використовують високооборотні дизелі, - вантажівки, але в деяких країнах заохочується установка таких двигунів і на легкові автомобілі. У Європі, наприклад, за 20 років (з 1980 по 2000 рр.) виробництво легкових автомобілів з дизельними двигунами зросло в 8 разів.

Дизельні двигуни мають наступні переваги перед карбюраторними: витрата палива в дизелях на 30-35 % менше; паливо в дизелі запалюється від стискування, що виключає систему запалювання і підвищує надійність роботи двигуна; рівномірний розподіл палива по циліндрах і рівномірне навантаження окремих циліндрів; середня температура робочого циклу дизеля нижча, ніж карбюраторного тій же потужності; застосування в дизелях важчого в порівнянні з бензином палива забезпечує пожежну безпеку; дизельні двигуни допускають більші перевантаження і відрізняються більшою стійкістю в роботі.

До недоліків дизелів відноситься їх більша питома вага і менша, в порівнянні з карбюраторними двигунами, швидкохідність. В умовах низьких температур зовнішнього повітря запуск дизелів протікає важче, ніж карбюраторних двигунів.

Дизельні двигуни все більше використовуються на спеціальних автомобілях різного призначення. Тому питання підвищення працездатності техніки для виконання спеціальних задач різноманітних галузей діяльності суспільства є актуальним і потребує уваги.

В Україні існує дефіцит зимових сортів дизельних палив. Для зимових дизельних палив розроблені особливі вимоги до низькотемпературних властивостей - температури помутніння, температури застигання і граничної температури фільтрованості. Існує декілька способів доведення до необхідних вимог зимових сортів дизельних палив.

Застосування механічного впливу на дизельне пальне дозволить покращити характеристики техніки для виконання спеціальних задач різноманітних галузей діяльності суспільства.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ С БЕССТУПЕНЧАТЫМИ ТРАНСМИССИЯМИ ЗА СЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ОСОБЫХ ЗОНАХ

Митцель Н.А., Мамонтов А.Г.

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

Расположение особой зоны (ОЗ) работы двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии (ГОМТ) с дифференциалом "на выходе" в интервале рекомендуемых скоростей основных энергоемких сельскохозяйственных операций позволит повысить технический уровень и эффективность тракторов с ГОМТ. Несмотря на это, на этапе обоснования кинематической схемы должны быть учтены следующие основные требования:

1. ОЗ на тяговых диапазонах необходимо размещать в интервале рекомендуемых агротехнических скоростей для тракторов данного класса с учетом максимально допустимого буксования δ ;

2. Максимальная эффективная мощность ДВС N должна развиваться, не в конце регулировочной характеристики, как это было принято до сих пор, а в особой зоне;

3. Схемное решение должно обеспечивать достаточно высокий КПД ГОМТ при работе за пределами особой зоны.

На рис. 1 представлена регулировочная характеристика колесного трактора тягового класса 4–5 с ГОМТ, которая разработана с учетом предъявленных выше требований

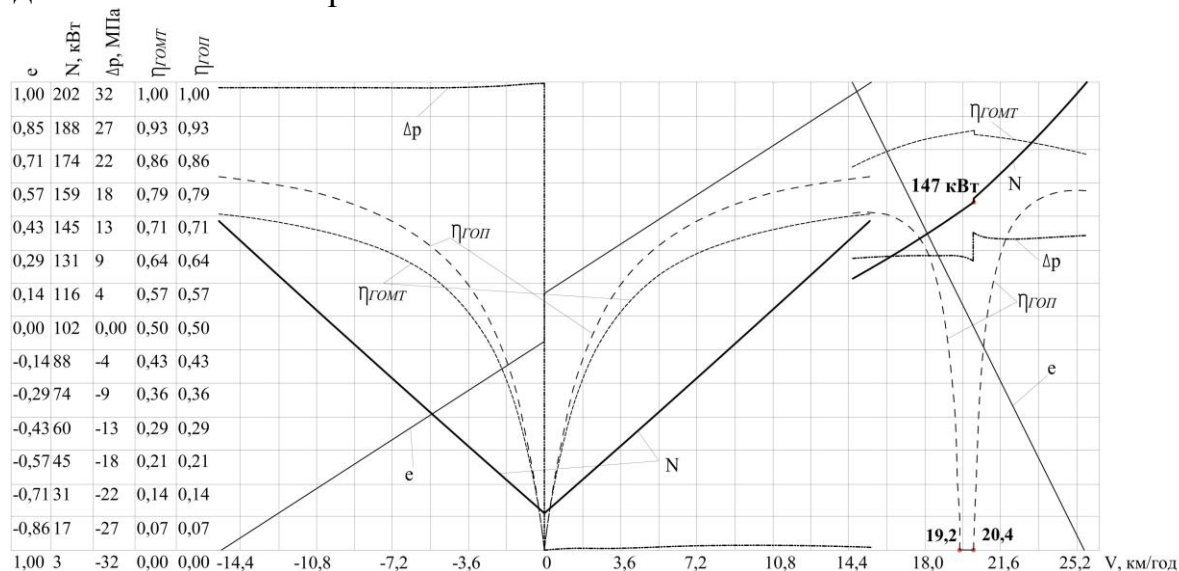


Рисунок 1 – Регулировочная характеристика трактора с ГОМТ

Благодаря работе трактора с ГОМТ в ОЗ возможно достичь повышения производительности до 9,1 %, а погектарный расход топлива $Q_{ГА}$ снизить на 11,3 % .

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАНУ ПОРШНЯ В ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСАХ НАВАНТАЖЕННЯ ДИЗЕЛЯ

Мордвінцева І.О., Клименко О.М., Кравченко С.С., Пильов В.О.

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

Сучасний стан проектування та виробництва поршнів двигунів внутрішнього згорання спрямовано, окрім іншого, на створення конструкцій з достатньою ресурсною міцністю. Для її визначення має значення кількість перехідних процесів та особливості циклів навантаження двигуна в експлуатації. Розв'язання означеної задачі ускладнюється досить частою зміною обертання колінчастого валу та зміною навантаження при зміні режимів роботи.

Для визначення ресурсної міцності кромки камери згорання поршня необхідно визначити її температурний стан в перехідних процесах зміни режимів навантажень двигуна. В роботі означений температурний стан встановлено експериментально. Дослідження здійснено для поршня дизеля 4ЧН12/14. Режими роботи двигуна визначалися за програмою випробувань ЕТС. Серед перехідних процесів зміни навантажень були режими з максимальною і мінімальною частою обертання колінчастого валу та максимальним та мінімальним навантаженням, а також такі, для яких темп прогріву зони кромки камери згорання поршня був найбільшим.

За даними випробувань були визначені залежності прогріву характерних зон поршня для кожного з перехідних процесів до виходу на відповідні усталені режим роботи двигуна. Також були отримані залежності температурного стану кромки камери згорання від температури зони першого поршневого кільця та периферійної зони вогневого донця поршня.

Отримані результати засвідчили, що найбільший розмах температур в перехідному процесі роботи двигуна відповідає при переходу з режиму холостого ходу при мінімальній частоті обертання колінчастого валу до максимального навантаження при максимальній частоті обертання колінчастого валу. При виході на режим максимального крутного моменту різниця цих показників дещо нижча. При цьому перехід на режим максимального крутного моменту проводився як з одночасною зміною обертання колінчастого валу та навантаження, так і при постійних обертах колінчастого валу та при зміні тільки навантаження.

Результати експерименту дозволять з високою достовірністю проводити оцінки ресурсної міцності кромки камери згорання поршня.

КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБЛЕННЯ АВТОНОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ БРОНЬОВАНИХ КОЛІСНИХ ТА ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

Ніконов О.Я., Сильченко В.О., Полосухіна Т.О., Сіндєєв М.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

В теперішній час вирішення задач ефективного і безпечного управління автономними роботизованими броньованими колісними та гусеничними машинами неможливо як без інформації про параметри власного руху транспортних засобів, технічного стану двигуна, трансмісії, запасу палива (енергії), так і без інформації про зовнішнє середовище руху [1-5]. Вирішення у режимі реального часу задачі збору і оперативної обробки значного об'єму параметрів, які використовуються в процесах управління, неможливо шляхом простого дублювання датчиків і шляхів їх трансляції, так як це суттєво збільшує габарити і вагу апаратури і залишає при цьому менше місця для інших важливих функцій. Для суттєвого покращення характеристик автономних роботизованих броньованих колісних та гусеничних машин та підвищення ефективності функціонування підрозділу в цілому виникає необхідність в створенні новітніх інформаційно-комунікаційних технологій для автономних роботизованих броньованих колісних та гусеничних машин. Аналіз результатів отриманих вітчизняними та іноземними вченими із цієї проблеми говорить о не комплексному підході (відокремленнях рішень), і на цей час немає цілісних новітніх інформаційно-комунікаційних технологій для автономних роботизованих броньованих колісних та гусеничних машин.

Метою роботи є розроблення новітніх інформаційно-комунікаційних технологій для автономних роботизованих броньованих колісних та гусеничних машин, які працюють в умовах інтенсивних навантажень, складних умов експлуатації, підвищеної відповідальності механізмів, внаслідок чого буде досягнуто високий рівень технологічних процесів, що виконуються такими машинами.

В основу роботи покладена наукова ідея про застосування принципів штучного інтелекту для автономних роботизованих броньованих колісних та гусеничних машин, в умовах руху по перетиненій місцевості з нестаціонарним характером випадкових зовнішніх збурень, що діють на рухомі транспортні засоби, з метою підвищення точності, швидкодії та запасу стійкості мехатронних вузлів автономних роботизованих броньованих машин.

Література:

1. Никонов О.Я. Объекты бронетанковой техники как компоненты интеллектуальной системы управления взаимодействием с единым информационным пространством / О.Я. Никонов // Механіка та машинобудування – 2010. – № 1. – С. 10-17.
2. Скворчевський О.Є. Математична модель багатофункціонального пропорційного електрогидравлічного перетворювача / О.Є. Скворчевський // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харків: – 2006. – №6. – С. 30-33.
3. Скворчевський О.Є. Верифікація нелінійних математичних моделей пропорційної гідроапаратури на основі експериментальних досліджень / О.Є. Скворчевський // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ. – 2011. – Випуск 22(195). – С. 236-245.
4. Скворчевський О.Є. Математичне моделювання статичних робочих процесів електрогидравлічних перетворювачів нормально-закритого типу / О.Є. Скворчевський // Вісник НТУ «ХПІ»: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2011. – № 45. – С. 48-54.
5. Скворчевський О.Є. Експериментальні дослідження статичних робочих процесів електрогидравлічного перетворювача нормально-закритого типу / О.Є. Скворчевський // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ«ХПІ», 2011. – № 2. – С. 43-51.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ В ДВИГУНІ АВТОМОБІЛЯ ВАЗ-21081

Осетров О.О., Альохін Д.С.

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

Механічні втрати є важливою складовою енергетичного балансу двигуна внутрішнього згоряння. Вони складають 7–11% внесеної з паливом енергії. Таким чином, дослідженню механічних втрат двигунів приділяється значної уваги.

В роботі виконане експериментальне дослідження сумарних механічних втрат в автомобільному двигуні ВАЗ-21081 за методами відключення циліндрів та прокручування колінчастого валу двигуна.

За методом відключення циліндрів дослідження проводили на режимах швидкісної характеристики з частотою обертання колінчастого валу від 2800 до 3600 хв⁻¹. Після стабілізації параметрів режиму роботи двигуна вимірювали навантаження і частоту обертання колінчастого валу, за якими визначали потужність двигуна. Далі на робочому двигуні вимикали подачу палива до першого циліндра і проводили відповідні вимірювання, після чого включали подачу палива. Ці дії повторювали для другого, третього і четвертого циліндрів двигуна. Обробкою експериментальних даних за відомою методикою отримували потужність механічних втрат двигуна.

Для прокручування двигуна від стороннього джерела енергії використовувався електродвигун постійного струму. Дослідний двигун попередньо прогрівали до досягнення сталого температурного режиму. Потім вимикали подачу палива, включали електродвигун, доводили частоту обертання до заданої, після чого проводили вимірювання навантаження та частоту обертання ротора електродвигуна. В результаті обробки цих даних визначали потужність механічних втрат. Дослідження проводили при різних частотах обертання колінчастого валу двигуна від 1500 хв⁻¹ до 2700 хв⁻¹. Подальше збільшення частоти обертання колінчастого вала обмежувалося максимально припустимою частотою обертання вала електродвигуна.

В результаті досліджень показано, що механічні втрати прямо пропорційні частоті обертання колінчастого валу. Зокрема, при збільшенні n від 1500 до 2700 хв⁻¹ загальні механічні втрати зростають на 26%. Показано, що експериментальні результати добре корелюються із відомою залежністю проф. Дяченка В.Г.:

$$P_M = a + b \frac{n}{n_n},$$

де a , b – емпіричні коефіцієнти (для двигунів із зовнішнім сумішоутворенням рекомендовано $a=0,08$; $b=0,15$); n , n_n за n_n – відповідно поточна та номінальна частоти обертання колінчастого валу двигуна.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ І ДИНАМІКИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНІЗМУ СТАЦІОНАРНОГО ДВИГУНА 11ГД100М ІЗ СИСТЕМОЮ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИКЛІВ

Осетров О.О., Яровий В.С.

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

В Україні накопичений значний досвід створення та надійної експлуатації потужних газових двигунів сімейства ГД100. Ці двигуни мають високі показники паливної економічності на режимах високих навантажень. Проте на режимах малих і середніх навантажень внаслідок значного збіднення паливо-повітряної суміші відбувається збільшення неповноти згоряння палива, погіршення паливно-економічних і екологічних показників.

Покращити показники двигуна на режимах часткових навантажень і холостого ходу можливо відключенням циліндрів або циклів (спосіб регулювання потужності зміною робочого об'єму двигуна). Це дозволить здійснити робочий процес у працюючих (невідключених) циліндрах на режимах з більшими навантаженнями, за яких ефективність роботи двигуна є найбільшою, і, як наслідок, покращити паливну економічність двигуна.

В роботі запропоновано спосіб відключення циклів двигуна, згідно з яким прийнято, що для забезпечення ефективної та надійної роботи двигуна при відключенні циліндрів або циклів потрібно витримувати умову знаходження коефіцієнта надлишку повітря в циліндрі α в межах 1,8–2,0. Означений спосіб регулювання забезпечує незмінність максимального тиску згоряння, індикаторного ККД, якості і повноти згоряння в робочих циліндрах в усьому діапазоні робочих навантажень.

Результати виконаних розрахунків показують, що при використанні запропонованого способу регулювання відбувається суттєве покращення експлуатаційних показників двигуна. Зокрема, на режимі 50 % N_e витрата палива зменшується в 1,6 рази, а на режимі 25% N_e - в 3 рази.

Досліджено динаміку кривошипно-шатунного механізму двигуна із системою відключення циклів. Показано, що максимальні значення нерівномірності обертання колінчастого валу спостерігаються на режимах 990 і 440 кВт, тобто при відключенні відповідно 1 і 6 циліндрів. Нерівномірність обертання на цих режимах збільшується відповідно в 16,3 і 17,8 разів.

Проаналізовано вплив порядку відключення циклів в порядку роботи циліндрів двигуна на нерівномірність обертання колінчастого валу. Показано, що порядок відключення циклів суттєво впливає на нерівномірність обертання колінчастого валу. Так, наприклад, при відключенні п'яти циліндрів різниця в значеннях нерівномірності обертання може складати 400% для різних варіантів послідовності відключення циклів. Запропоновано алгоритм відключення робочих циклів, що забезпечує мінімальну нерівномірність обертання колінчастого валу.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗСТУПІНЧАСТИХ ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ НА АВТОМОБІЛЯХ ДЛЯ РЕМОНТУ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Островерх О.О.

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

В роботі проведено аналіз експериментальних та теоретичних даних, для встановлення достовірності теоретичних положень щодо використання безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій (ГОМТ) на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин (РНГС).

Експериментальні дослідження проводились на стенді з ГОМТ, який розроблено на кафедрі автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХПІ». Конструкція стенду дозволяє проводити випробування за схемами «гідрооб'ємна передача (ГОП) – лебідка» і «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка».

Експериментальне дослідження спуско-підйомної операції проводилося на лабораторному стенді в два етапи. На першому етапі, стенд налаштовувався за схемою «ГОП – лебідка». Процес підйому та спуску вантажу з різною вагою виконувався наступним чином: асинхронний двигун досягав максимальної кутової швидкості та відбувалась лише зміна параметру регулювання гідронасосу, який забезпечує як підйом так і спуск вантажу різної ваги, що кріпиться на гаку лебідки. На другому етапі, стенд налаштовувався за схемою «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка». Процес підйому вантажу з різною вагою виконувався наступним чином: асинхронний двигун досягав максимальної кутової швидкості та відбувалась лише зміна параметру регулювання гідронасосу, а потім, водночас, створювалось навантаження на ГОМТ за рахунок зміни ваги на крюку лебідки. Спуск в даній схемі виконується під власною вагою вантажу.

В процесі теоретичного дослідження процесу підйому і спуску вантажу, значення кутової швидкості асинхронного двигуна, параметра регулювання гідронасосу, крутного моменту валу лебідки брався з експериментальних результатів, при цьому вага вантажу була однаковою, як при теоретичному, так і при експериментальному дослідженні. Аналізуючи отримані дані теоретичного та експериментального дослідження встановлено, що найбільша похибка не перевищує 9,3% при визначенні максимального перепаду робочого тиску в ГОП, 9,2% – для крутного моменту на валу асинхронного двигуна, 6,3% – для крутного моменту на валу лебідки, 4,9% – для кутової швидкості на валу асинхронного двигуна, 7,1% – для кутової швидкості вала лебідки, 4,1% – для кутової швидкості вала гідромотора.

Таким чином, методами експериментальної перевірки доведена достовірність теоретичних положень щодо обґрунтування використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА СХЕМИ КОМПОНОВКИ ТАНКА ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТАНКОВОГО БОЮ ДВОХ ГРУП БОЙОВИХ ОДИНИЦЬ

Павленко Є.В., Макогон О.А.

Факультет військової підготовки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У доповіді розглядаються питання підвищення бойової ефективності танку, його вогневої потужності шляхом створення нового зразка по компоновці с оптимальними тактико-технічними характеристиками та схемою компоновки.

На даний час актуально питання створення нового зразка танка який би відповідав вимогам сучасного бою. Можна виділити такі основні недоліки сучасних танків: велика помітність на полі бою, дуже слабка живучість екіпажу, погана ергономіка для екіпажу, не можливість відновити машину після підриву боєкомплекту, великий час на заміну вузлів та агрегатів, низька ефективність використання озброєння через малі кути вертикального наведення.

Аналіз залежності рівня бойової ефективності танку від набору його тактико-технічних характеристик пропонується виконати шляхом використанням імітаційної моделі танкового бою двох груп бойових одиниць. Оптимізацію цього набору з урахуванням вартості модернізації по кожній з характеристик пропонується здійснювати за рахунок:

- перенесення бойового відділення в кормову частину корпусу танка що дасть змогу скоротити загальну довжину танка та дасть йому змогу долати більш круті підйоми та спуски.

- перенесення силової установки та трансмісії в передню частину танка, що дасть змогу суттєво спростити конструкцію приводів та значно зменшити їх довжину, що дасть змогу полегшити їх регулювання та заміну.

- розташування екіпажу в середній частині корпусу в броньованій капсулі та перенесення двигуна з кормової частини в лобову частину корпусу, що забезпечить захист екіпажу в фронтальній проекції товщиною приблизно 3500мм, що дасть досить надійний захист для екіпажу.

В подальшому пропонується дослідити ефективність переміщення екіпажу з башти в середину корпусу в броньовану капсулу для захисту його від впливу порохових газів та імпульсу віддачі гармати під час пострілу.

Література:

1. Чобиток В. А., Данков Е. В., Брижинев Ю. Н. и др. Конструкция и расчет танков и БМП. Учебник. — М.: Военное издательство, 1984. - 376 с.
2. Имитационная модель танкового боя двух групп боевых единиц. Учебно-методическое пособие. Харьков.: ФВП, НТУ «ХПИ», 2008. - 48с.

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСНИХ СПОРУД

Параняк Н.М.¹, Гречка І.П.²

¹Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Існуючі на сьогоднішній день установки для очистки повітря від пилу не можуть забезпечити високу ефективність, вловлюють дуже обмежений діапазон частинок аерозолі, носять випадковий характер вибору їх типу, не вловлюють полідисперсний пил і, що особливо важливо, не виробляються на Україні серійно.

Ця задача виросла в окрему проблему, вирішення якої, з одного боку, повинно сприяти поліпшенню екології довкілля, а з іншого – поверненню викидів в технологічні процеси і використання їх, як вторинних матеріальних ресурсів.

Вирішення проблеми підвищення ефективності пиловловлюючого обладнання можливо лише на основі вивчення і встановлення закономірностей руху аерозольних частинок в робочих елементах апаратів з наступною оцінкою можливостей розділення гетерогенних пилоповітряних систем. Такий підхід дозволив розробити наукові основи створення принципово нових апаратів пиловловлення з багатоступеневою системою очищення.

Все це дає можливість створити фундамент для організації серійного виробництва установок для уловлення пилу в Україні – а це на сьогоднішній день є актуальною задачею.

У основу роботи поставлене завдання створення такого пиловловлювача, в якому певне виконання жалюзійного відокремлювача, дозволяє підвищити ефективність пиловловлювання за рахунок збереження постійної швидкості проходження пилогазового потоку через щілини між жалюзі кожної секції відокремлювача шляхом зменшення площі живого перетину їх. Площа живого перетину кожної секції відокремлювача визначається, як відстанню між жалюзі, так і кількістю жалюзі. Для процесу очистки дуже важливим фактором є також правильний вибір відношення діаметра жалюзійного відокремлювача до радіуса кожної окремої його жалюзі.

Проведені дослідження пиловловлювача, різних варіантів конструктивного виконання, дозволили визначити оптимальний варіант його конструкції: діаметр корпусу апарата – 370 мм; діаметр першої секції – 175 мм; діаметр другої секції – 145 мм; діаметр третьої секції – 115 мм; радіус жалюзі – 24 мм; довжина жалюзі – 30 мм; площа перерізу вхідного патрубку – 180–200 см², що відкриває широкі перспективи для його впровадження при процесах знепилювання.

Застосування і проведення відповідних досліджень у запропонованих пиловловлювачів дозволяє реалізувати єдиний підхід до їх підбору з урахуванням специфіки кожного конкретного виробництва, визначити область раціонального використання кожного типу установок, систематизувати і розробити конструкторські схеми принципово нових типів пиловловлювачів із багатоступеневою системою очистки.

ВПЛИВ УМОВ ПОДАЧІ ВОДОПАЛИВНОЇ ЕМУЛЬСІЇ НА РОБОЧИЙ ПРОЦЕС ДИЗЕЛЯ

Парсаданов І.В., Карягін І.М., Савченко А.В.

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

Використання водопаливних емульсій (ВПЕ) в форсованих дизелях дозволяє істотно покращити економічні та екологічні показники двигунів.

В той же час актуальними є питання впливу регулювальних параметрів дизеля, режиму роботи та особливостей протікання робочого процесу на роботу двигуна на ВПЕ. На кафедрі двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХПІ» проведені експериментальні дослідження впливу на паливну економічність параметрів паливної апаратури при роботі автомобільного дизеля 4ЧН12/14 на ВПЕ. В експериментальних дослідженнях застосувалась апаратура для контролю роботи дизеля та визначення його індикаторних показників.

При дослідженні визначався вплив встановленого кута випередження впорскування палива і ефективного прохідного перерізу отворів розпилювача форсунки на паливну економічність дизеля. Встановлений кут випередження впорскування палива змінювався в межах 14...22 град. п.к.в. до ВМТ, ефективний прохідний переріз отворів розпилювача форсунки – 0,21...0,28 мм². Паливна економічність оцінювалась питомою витратою палива.

Позитивний вплив використання ВПЕ на згоряння дизельного палива підтверджується зменшенням питомої витрати дизельного палива. Ефективність економії дизельного палива при використанні ВПЕ зростає при роботі дизеля на максимальних швидкісних режимах. Так, питома витрата дизельного палива при $n = 2000$ хв⁻¹ зменшується на 6...14 г/кВт год.

Період затримки спалахування палива при використанні ВПЕ збільшується на 1-3 град. п.к.в., відповідно збільшується частка палива, що згорає за період спалаху і швидкість тепловиділення в цей період. Вигорання більшої частки палива в процесі спалаху при використанні ВПЕ не призводить до зменшення швидкості тепловиділення в ході дифузійного згоряння. Сукупність наведених явищ впливає на характер перебігу залежності паливної економічності від кута впорскування палива при роботі дизеля на ВПЕ і змінює оптимальний за паливною економічністю кут в бік ВМТ, тобто зменшує його значення.

Водночас для забезпечення збереження потужності дизеля на тому самому рівні необхідним збільшення циклової подачі палива, що має спричинити збільшення тривалості процесу впорскування палива. Збільшення тривалості процесу впорскування може призвести до зниження індикаторного ККД дизеля і є небажаним. Компенсувати вказані вище явища можна збільшенням прохідного перерізу отворів розпилювача форсунки.

За результатами проведеного комплексу експериментальних досліджень дизеля на ВПЕ отримано дані, що дозволяють підвищити ефективність використання ВПЕ шляхом вибору оптимальних параметрів дизеля з урахуванням особливостей цього виду палива та умов експлуатації дизеля.

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ПРИ РУСІ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ НА ДІЛЯНЦІ КОЛІЇ

Петренко О.М., Любарський Б.Г.

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

Процеси перетворення енергії у тягових двигунах супроводжується постійними втратами її у різних елементах його конструкції, що обумовлені фізичними процесами при перетворенні енергії. Температура елементів конструкції тягових двигунів збільшується з часом роботи і може перевищити допустимі конструктивні обмеження. Особливо це стосується температури ізоляції обмоток двигуна, яка обмежена класом застосованої ізоляції. Для зменшення температури на тягових двигунах застосовуються системи охолодження, що підвищують ефективність теплообміну елементів конструкції двигуна. Однак системи охолодження потребують додаткових витрат для своєї ефективної роботи, що в свою чергу, зменшує ККД електрорухомого складу в цілому.

Для вирішення цієї проблеми можливі наступні шляхи: зменшення втрат в елементах конструкції тягових двигунів та підвищення ефективності системи охолодження. Оптимізація процесів проектування тягових двигунів, що поширена на більшості підприємств провідних електротехнічних виробників, дозволяє створювати оптимальні за ККД тягові двигуни. Однак режими їх роботи на електрорухомому складі, який рухається з різною швидкістю та при різних режимах навантаження, значно знижують загальний ККД електрорухомого складу. Визначення оптимальних за енергоспоживанням режимів руху дозволяє підвищити ефективність системи охолодження тягових двигунів.

В роботі запропоновано методику моделювання теплового стану асинхронного тягового двигуна при русі електрорухомого складу за енергооптимальними режимами на ділянці колії с заданим профілем та встановленим графіком руху. Визначення оптимальних режимів руху електрорухомого складу на основі метода Гамільтона-Якобі-Беллмана. Визначення режимів роботи тягового приводу запропоновано проводити заздалегідь на підставі вирішення задачі умовної оптимізації його режимів. Визначення оптимальних режимів роботи тягового приводу було проведено на основі комбінованих методів умовної мінімізації функції: глобальний пошук здійснюється генетичним алгоритмом з одноточечним кросовером і селекцією за принципом рулетки. На завершальному етапі роботи оптимізаційної процедури уточнення оптимуму здійснюється методом Нелдера - Міда. Остаточний розрахунок теплових режимів двигуна здійснюється на основі еквівалентної теплової схема заміщення з використанням методу вузлових потенціалів для електричних кіл. На їх підставі для запропонованої універсальної еквівалентна теплова схема заміщення складена система диференціальних рівнянь теплового балансу.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ВИГЛЯДУ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ

Пильова Т.К.

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

Оптимізація конструктивних параметрів сучасних транспортних засобів є обов'язковою процедурою, що застосовується як при виконанні нових проектів, так і під час удосконалення техніки, що знаходиться в експлуатації. При цьому незважаючи на зростання швидкодії обчислювальної техніки значна увага приділяється отриманню результатів при мінімальних витратах часу. На сьогодні досягнення означених умов здійснюється двома шляхами. З одного боку це удосконалення алгоритмічних математичних моделей опису критеріїв якості конструкції, застосування яких об'єктивно вимагає використання нових методів оптимізації. Одним з найбільш ефективних з них тут вважається метод простору параметрів, заснований на раціональному виборі пробних точок. З іншого боку не відкидається використання емпіричних поліномів функцій відгуку та застосування класичних безградієнтних та градієнтних методів оптимізації.

Важливо, що другий підхід є безальтернативним у випадках, коли досліднику є невідомою сутність фізичного процесу, що розглядається. При цьому отримання емпіричної математичної моделі на основі методу планування експерименту суттєво зменшує витрати часу і коштів на проектування та може слугувати основою розробки в перспективі достовірної алгоритмічної моделі.

У зв'язку з наведеним в роботі виконано аналіз методик застосування класичних методів оптимізації та шляхів прискореного отримання результату за їх використанням. Встановлено, що вагомою складовою тут є вибір початкової точки оптимізації. Показано, що для певних випадків поліноміальних моделей вибір такої точки можна здійснити з використанням підходів аналітичної геометрії. Аналіз функції при цьому має достатньо економічний алгоритм.

В роботі розглянуто приклад використання поліному другого ступеня, що описує еліпс. Такий вид функції є достатньо розповсюдженим для реальних технічних об'єктів. Розглянуто випадок, коли стоїть задача максимізації функції відгуку, а центр симетрії еліпса є її мінімумом.

Для пошуку початкової точки оптимізації запропоновано наступний алгоритм. На першому етапі шляхом повороту осей декартової системи координат здійснюється перехід до системи головних осей еліпса. На другому етапі визначається координата центру симетрії еліпсу та вибір осі найбільшої зміни градієнта функції відгуку. На останньому етапі визначається точка перетину означеної осі з лінією границі області адекватності досліджуваної функції. Ця точка приймається за початкову точку оптимізації.

На основі запропонованої методики реалізовано оптимізацію конструкції транспортера-тягача на плаву.

Подальший напрямок робіт пов'язаний з підвищенням розмірності задачі.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ

Поливянчук А.П.¹, Каслин А.И.²

¹*Харьковский национальный университет городского хозяйства
им. А.Н.Бекетова*

²*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Среднеэксплуатационный выброс взвешенных частиц (ВЧ) с отработавшими газами (ОГ) является одним из основных нормируемых показателей дизелей. По причине высокой токсичности, канцерогенной и мутагенной опасности в период с 1993 по 2016 г. данная величина (РТ) была уменьшена в 72 раза (с 0,36 до 0,005 г/кВт·ч) для дизелей грузовых автомобилей. Это стало причиной возникновения актуальной проблемы повышения значения результирующей погрешности измерений величины РТ – δ РТ: при испытаниях в одной лаборатории с $\pm 3\%$ до $\pm 12\%$; при межлабораторных исследованиях с $\pm 12\%$ до $\pm 50\%$.

Погрешность δ РТ включает в себя методическую составляющую, обусловленную влиянием условий проведения испытания двигателя на величину РТ и инструментальную составляющую, которая зависит от погрешностей измерительного оборудования. Учет методической составляющей δ РТ позволяет повысить точность измерения показателя РТ.

Авторами предложена методика оценки результирующей погрешности δ РТ, созданная на основе анализа результатов исследований фирм Mitsubishi [1] и AVL [2], а также собственных исследований [3]. Методика предполагает разделение методической погрешности на две составляющие: методическую погрешность, обусловленную влиянием температуры пробы перед фильтром для отбора ВЧ на результат измерений РТ; методическую погрешность, обусловленную влиянием на результат измерений показателя РТ параметров процесса стабилизации рабочего фильтра перед его взвешиванием.

Данная методика позволяет оценить результирующую погрешность δ РТ, которая составляет -18...19,7% (расхождение результатов 37,7%). При этом на методическую составляющую приходится 76% от δ РТ. Также предложены мероприятия по повышению точности измерения показателя РТ, которые позволяют снизить погрешность δ РТ в 4,6 раза: -4...4,2% (расхождение результатов 8,2%). Влияние методической составляющей погрешности снижается с 76% до 27% при неизменной доле инструментальной погрешности.

Литература:

1. Hirakouchi N., Fukano I., Shoji T. Measurement of Diesel Exhaust Emissions with MiniDilution Tunnel. // SAE Technical Paper Series. 1989. № 890181. 11p. 2. Lianga Z., Tiana J., Zeraati Rezaeia S., Zhanga Y. et al. Investigation of SVOC nanoparticle emission from light duty diesel engine using GC×GC-ToF-MS. // School of Mechanical Engineering, University of Birmingham, UK, 2015. – 31 p. 3. Polivyanchuk A.P., Parsadanov I.V. Experimental verification of microtunnel MKT-2 on the brake stand autotractor diesel engine. // Industrial technology and engineering. Republic of Kazakhstan, 2015. №2 (15). P. 11-16.

ВПЛИВ ЗМІНИ ФАЗ МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ НА ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ШВИДКОХІДНОГО ДИЗЕЛЯ З УРАХУВАННЯМ МОДЕЛІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Прокопенко М.В., Кірея П.А.

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

На сьогоднішній день відомо достатньо велика кількість досліджень, що дозволяють моделювати і аналізувати вплив процесу газообміну на робочий процес двигуна. Перспективними напрямками вдосконалення форсованих ДВЗ в т.ч. автотракторних на сьогоднішній день вважаються покращення процесів згоряння палива на часткових і перехідних режимах та оптимізація процесів газообміну з використанням механізмів газорозподілу нового покоління, бо традиційні механізми газорозподілу з механічним приводом клапанів обмежують можливості покращення техніко-економічних показників ДВЗ.

Відомо, що в реальних умовах експлуатації найуживанішими режимами роботи швидкохідних форсованих двигунів є часткові навантаження і холостий хід. При цьому значно погіршується робочий процес. Малі циклові подачі палива обумовлюють надмірне збіднення горючої суміші, що викликає підвищення втрат теплоти в систему охолодження. Це приводить до зниження коефіцієнта корисної дії при тривалій роботі двигуна на таких режимах.

Одним з ефективних способів усунення вказаних недоліків є застосування методу регулювання та зміни фаз газорозподільчого механізму в процесі роботи двигуна на конкретному режимі експлуатації.

В роботі виконано аналіз впливу зміни фаз газорозподільчого механізму на економічні показники двигуна з урахуванням конкретної моделі його експлуатації. Проаналізовано взаємозв'язок тривалості фаз газорозподільчого механізму та режимів конкретної моделі експлуатації (а саме зміни частоти обертання колінчастого валу, потужності двигуна, крутного моменту двигуна). Розроблено методику оцінки впливу фаз газорозподільчого механізму на показники роботи автотракторних двигунів на різних режимах роботи.

Наведено результати розрахункового дослідження по вибору раціональних фаз газорозподілу двигуна типу 4ЧН12/1 4 з потужністю $N_e = 106,7$ кВт при частоті обертання колінчастого валу $n = 2000$ хв⁻¹, з фазами газорозподілу для випускного клапану 64°-12°, для впускного – 12°-32°. Двигун використовується на тракторі категорії 3.

Розрахунки виконано на режимі номінальної потужності та на найбільш впливових полігонах конкретної моделі експлуатації (які мають найбільший відсоток годинного навантаження). Дослідження проводилися за умови постійної потужності на кожному полігоні, а ефективність варіантів регулювання фаз газорозподілу оцінювалась по зміні питомої витрати палива g_e .

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ AUTODESK ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭВОЛЮТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

Протасов Р.В.¹, Устиненко А.В.¹, Андриенко С.В.², Коноваленко О.Е.¹

*¹ Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*² Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков*

Современное проектирование и расчет деталей машин часто производится при помощи компьютерных программ. Появление высокопроизводительной компьютерной техники выводит процесс синтеза и анализа машиностроительных изделий сложной формы на новый уровень, а в итоге способствует уменьшению массы и габаритов машин и механизмов.

К изделиям сложной формы можно отнести новые зубчатые и цепные передачи с эволютным зацеплением, обеспечивающие выпукло-вогнутый контакт зубьев. Оно основано на построении Бобилье, которое заключается в замене зубчатого зацепления эквивалентным четырехзвенным шарнирно-рычажным механизмом, исследование которого существенно упрощает задачу синтеза.

Ранее авторами были разработаны методики синтеза и анализа рабочего профиля и переходной кривой зубьев, а также процесс построения трехмерной модели в системе Pro/ENGINEER с последующим созданием на ее основе конечно-элементной модели для анализа напряженно-деформированного состояния в CAE-системе ANSYS. Однако вышеупомянутые CAD и CAE-системы имеют низкую степень взаимной интеграции при передаче данных, а также достаточно сложны при работе с ними.

На сегодняшний день компания Autodesk успешно решила задачу интеграции CAD и CAE-систем в программном комплексе для твердотельного моделирования Autodesk Inventor Professional при условии установки дополнения Autodesk Nastran In-CAD для анализа НДС. Поэтому нами была предложена методика построения 3D моделей зубчатых колес или звездочек с эволютным профилем в программе Autodesk Inventor Professional с последующим анализом методом конечных элементов в программе Autodesk Nastran In-CAD. Использование данного комплекса программ позволит сократить время расчета и повысить гибкость процесса моделирования при варьировании параметров зацепления, сохранив при этом точность результатов.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ БЕЗМОТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ДИЗЕЛЯ

Прохоренко А.О., Кравченко С.С., Карягін І.М., Клименко О.М., Вовк Є.Г.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На більшості дизелів, що експлуатуються в Україні, використовуються системи паливоподачі з механічними регуляторами частоти обертання колінчастого валу. Дизелі, обладнані такою системою, мають ряд недоліків: невідповідність сучасним екологічним нормам, низький рівень паливної економічності, відсутність корекції паливоподачі в залежності від теплового стану двигуна і властивостей палива та окиснювача, наявність «просадки» моменту двигуна та викиди диму при розгоні та ін. Означені недоліки можуть вирішуватися шляхом застосування електронної системи регулювання паливоподачі.

Застосування електроніки в системах автоматичного регулювання та керування дозволяє істотно поліпшити показники паливної економічності та екологічності дизелів шляхом узгодження характеристик систем комбінованого двигуна, забезпечення їх роботи на оптимальних режимах, коригування законів керування в залежності від параметрів навколишнього середовища та властивостей палива.

Вартість електронних систем регулювання є надзвичайно високою, а їх обслуговування та ремонт потребує наявності дорогого та складного обладнання і, відповідно, висококваліфікованого персоналу. Крім того, фірми-виробники зашифровують програмний алгоритм роботи регулятора, що унеможливорює коректування та налаштування його роботи, наприклад, при переобладнанні або доводці дизеля. Вищезгадане обумовлює актуальність розробки електронного регулятора дизеля на базі конструкції «класичного» паливного насоса.

Авторами запропоновано дуальну концепцію синтезу електронного регулятора дизеля. Перший підхід являє собою систему керування яка базується на внутрішній математичній моделі конкретного дизеля та містить у своєму складі алгоритм ПД-регулятора. Інший підхід є універсальним аналітичним описом всережимного регулятора у вигляді коду (програми) для електронного блока керування.

В роботі практично реалізовано функціональну схему електронного регулятора дизеля саме за другим підходом. Елементною основою реалізації є 16-розрядний контролер, два датчики та виконуючий механізм у вигляді електричної машини. Проведені безмоторні дослідження паливного насоса високого тиску тракторного дизеля, обладнаного розробленим електронним регулятором, дозволили отримати його статичні (рівноважні) характеристики які підтверджують працездатність та стійкість роботи системи.

ВИКОРИСТАННЯ ЙМОВІРНІСНИХ МЕТОДІВ ПРИ АНАЛІЗІ ВІДПОВІДНОСТІ МАКСИМАЛЬНОГО ТИСКУ НА ГРУНТ ТРАКТОРНИХ ШИН АГРОЕКОЛОГІЧНИМ ВИМОГАМ

Ребров О.Ю.

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

В роботі запропонована методика розрахунку ймовірнісної і середньоінтегральної ймовірнісної оцінки відповідності максимального тиску на ґрунт тракторної шини агроєкологічним вимогам з урахуванням ґрунто-кліматичних умов України. Найбільш інтенсивне антропогенне навантаження виникає в ході сільськогосподарських операцій механічного обробітку ґрунту, які на території України проводяться навесні під час його підготовки під ранні ярові культури і восени – під озиму пшеницю [1, 2]. Виходячи з припущення, що такі характеристики ґрунтів, як вологість фізичної стиглості, найменша вологоємність і вологість ґрунту під час проведення обробітку є випадковими величинами, які мають нормальний розподіл територією України, отримані розподіли нормативної величини допустимого тиску на ґрунт для весняного передпосівного і осіннього основного обробітку з параметрами: $M_1 = 135$ кПа, $\sigma_1 = 13$ кПа і $M_2 = 142$ кПа, $\sigma_2 = 24$ кПа відповідно.

Запропонована середньоінтегральна ймовірнісна оцінка p_i , відповідності максимального тиску на ґрунт агроєкологічним вимогам з урахуванням ґрунто-кліматичних умов України в усьому полі значень тиску повітря і радіальних навантажень тракторної шини, яка є еквівалентом частки території України, де шина може експлуатуватися без порушень агроєкологічних вимог щодо максимального тиску на ґрунт:

$$p_i = \frac{\int \int_{G_k, p_{ш}} k_{\Sigma} \cdot p(G_k, p_{ш}) dp_{ш} dG_k}{\int_{p_{ш}} k_{\Sigma} \cdot \frac{k_{ш\max}}{100} \cdot Q_d(p_{ш}) dp_{ш}},$$

де k_{Σ} – сумарний коефіцієнт, що враховує різні експлуатаційні обмеження,

G_k – радіальне навантаження на шину;

Q_d – допустиме радіальне навантаження на шину при тиску повітря $p_{ш}$;

$k_{ш\max}$ – максимальний коефіцієнт навантаження шини.

Проведено аналіз середньоінтегральних ймовірнісних оцінок відповідності понад 180 типорозмірів сільськогосподарських тракторних шин світових виробників агроєкологічним вимогам, який показав, що Найкращі показники p_i для весняного і осіннього обробітку в межах 0,66-0,95 мають інноваційні шини категорії VF.

Література:

1. В. В. Медведєв, Т. Н. Лактионова. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. Харьков. Изд. "13 типография". 2007. 395 с. 2. В. В. Медведєв. Физические свойства и обработка почв в Украине. – Харьков. Изд-во. "Городская типография", 2013. -224 с.

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ТЕСТОВОЇ ТРАСИ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ МАНЕВРНОСТІ ВІЙСЬКОВИХ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

Рудий А.В.

*Національна академія сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів*

Теоретична оцінка маневреності військових гусеничних машин (ВГМ) та подальший вибір раціональних параметрів окремих елементів їх трансмісії неможливі без здійснення моделювання руху ВГМ по місцевості. У такому випадку доцільно розглядати рух ВГМ спеціальною тестовою трасою, траєкторія якої буде відповідати максимальному навантаженню елементів трансмісії, рух ВГМ з обраною швидкістю на межі втрати керованості для обраного типу покриття опорної поверхні, а також зміну напрямку її руху у широких межах.

Таким умовам найбільш повно відповідають траєкторії у вигляді знакоперемінних циклічних кривих (типу «змійка»), у яких радіус кривизни окремих відрізків може відповідати певній закономірності (визначатися окремою функцією), задаватися чисельно умовами тестового завдання, або визначатися за допомогою ймовірнісної моделі. Водночас необхідно враховувати, що мінімальний радіус кривизни не може бути меншим ніж такий, що забезпечує стійкий рух ВГМ за обраною траєкторією.

Вищезазначені вимоги до тестових трас досягаються використанням компромісних рішень під час створення алгоритму побудови траєкторії тестової траси.

Алгоритм побудови моделі тестової траси доцільно розділити на окремі блоки, зокрема:

- блок побудови траєкторії тестової траси;
- ймовірнісна модель опорної поверхні.

Блок побудови траєкторії тестової траси дозволяє чисельним або аналітичним методом побудувати траєкторію тестової траси на підставі заданих вихідних даних, а також отримати дану траєкторію у вигляді функції від часу, яка є зручною під час подальшого моделювання руху ВГМ та роботи її трансмісії.

Ймовірнісна модель опорної поверхні складається з алгоритму отримання випадкових значень коефіцієнтів опору коченню гусениць та повороту, а також алгоритму макропрофілю опорної поверхні. Вона дозволяє враховувати неоднорідність ґрунтового покриття опорної поверхні та її макрорельєф.

Результати моделювання тестової траси дозволяють, шляхом вирішення оберненої задачі, отримати кутові швидкості ведучих коліс та крутні моменти на них, необхідні для руху ВГМ по цій трасі з заданою швидкістю.

Модель тестової траси, у її кінцевому вигляді, може бути використана для оцінки маневреності окремих зразків ВГМ, а також для отримання вихідних даних під час вибору раціональних параметрів диференціальних механізмів повороту ВГМ.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СВЕЖЕГО ЗАРЯДА ОТДЕЛЬНО ДЛЯ КАЖДОГО РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ

Савченко А.В.

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

В работе рассмотрена методика определения количества свежего заряда в цилиндре дизеля, которая позволяет оценить действительную величину указанной величины для ряда последовательных рабочих циклов. Количество свежего заряда в цилиндре дизеля – один из наиболее важных параметров, влияющих на протекание процесса сгорания топлива и рабочего процесса в целом. Наиболее распространённые методы его оценки позволяют определять лишь усреднённые его значения за достаточно большой промежуток времени.

Предложенная методика основана на предположении, что процесс впуска закончен в момент, когда давление в цилиндре становится равным давлению во впускном коллекторе. Учитывая, что подобное равенство наблюдается несколько раньше момента полной посадки клапана, происходит перетекание некоторого количества воздуха (Δm) из цилиндра обратно во впускной коллектор. Величина Δm рассчитывается с использованием в качестве исходных данных отношения давлений во впускном коллекторе и цилиндре дизеля, эффективного проходного сечения впускного клапана. В рамках данной методики принимается, что температура воздуха в цилиндре в момент равенства давлений P_S и P_ϕ выше температуры воздуха после промежуточного воздухоохладителя на величину Δt . Величина Δt вычислена по эмпирической зависимости. Расчётная формула количества свежего заряда в цилиндре в момент закрытия впускного клапана приведена ниже:

$$v = \frac{P_S \cdot V_P}{R \cdot (T_S + \Delta t)} - \Delta m$$

где P_S – давление воздуха после воздухоохладителя;
 V_P – объём цилиндра в момент при котором $P_S = P_\phi$;
 T_S – температура воздуха после воздухоохладителя;
 R – универсальная газовая постоянная;

Данные, полученные с использованием описанной методики, хорошо согласуются с часовым массовым расходом воздуха на всех режимах работы дизеля, что позволяет говорить о высокой степени адекватности методики. Результаты исследования показали, что количество свежего заряда в цилиндре дизеля при работе на установившемся режиме изменятся в весьма небольших пределах (не более 4%). Использование данной методики позволяет углубить анализ рабочего цикла дизеля.

Литература:

1. Chauvin J. Real-time nonlinear individual cylinder air fuel ratio observer on a diesel engine test bench / J. Chauvin, P. Moulin, G. Corde, N. Petit, P. Rouchon // 16th Triennial World Congress, Prague, Czech Republic, – 2005. – С. 194–199. 2. Марченко А.П. Универсальный автоматизированный стенд для испытаний ДВС / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.Е. Самойленко, Д.В. Мешков // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2006. – С. 140.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СДВОЕННЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Сергиенко Н.Е.

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

В настоящее время в конструкции тяговых и транспортных машин используются механические трансмиссии, обеспечивающие передачу крутящего момента без разрыва потока мощности с высоким КПД. Особенностью их конструкций является то, что передача момента и переключение передач осуществляется сдвоенным сцеплением с главной муфтой сцепления и персональными фрикционами. Гидравлическое управление сдвоенным сцеплением и персональными фрикционами требует постоянно затрат мощности ДВС, а для обеспечения работы системы необходимо дорогостоящие устройства и материалы, а иногда дополнительный электропривод. Сегодня необходимы принципиально новые варианты устройств передачи момента – сцепление, КПП, а для переключения передач оригинальная система управления. В зависимости от предъявляемых требований к транспортному средству управление приводом сцепления может осуществляться водителем или системой автоматического управления ДВС, сцеплением и КПП. В обоих случаях физические затраты энергии водителя на управления должны быть сведены к минимуму. При этом затрачиваемая энергия ДВС или аккумулятора на управление должна быть минимизирована. Таким образом, исключается нерациональное использование мощности двигателя, энергии водителя или аккумулятора-аккумулятора.

Сегодня на автомобилях применяются различные варианты конструкций автоматических преселективных коробок передач с сдвоенным сухим или мокрыми многодисковыми сцеплениями. Их использование существенно улучшает динамику разгона транспортного средства, снижает расхода топлива, обеспечивает передачу крутящего момента к двигателям без разрыва потока мощности, но требует постоянного потребления энергии ДВС при передаче и управлении передачей момента.

На основе анализа вариантов известных сцеплений было разработано оригинальное сдвоенное непостоянно замкнутое, сухое сцепление, требующее минимальных затрат энергии на управление. Для этого сцепления предложены оригинальные варианты систем управления, которые отличаются простотой конструкции, низким уровнем затрат энергии на поочередное управление передачей от каждого сцепления потоков мощности к коробке передач, возможностью автоматизации управления несложными устройствами, малой затратой энергии на управление, низкой стоимостью обслуживания и ремонта.

Использование оригинальных сцеплений и их систем управления на современных транспортных средствах позволит существенно улучшить их технические, эксплуатационные и эргономические показатели.

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРОВ

Сергиенко Н.Е.¹, Калинин П.Н.², Остапчук Ю.О.¹, Кириченко А.Н.²

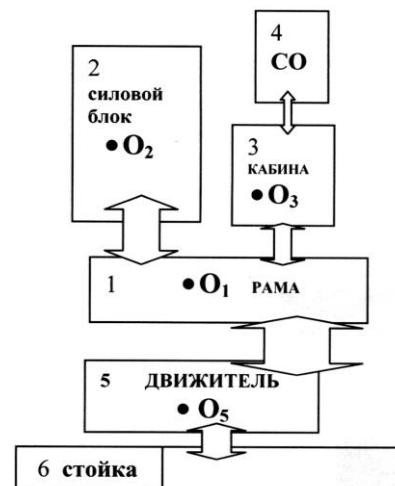
¹ *Национальный технический университет*

«Харьковский политехнический институт»,

² *Национальная академия Национальной гвардии Украины, г. Харьков*

С повышением энергонасыщенности тракторов роль динамических расчетов существенно возрастает и, безусловно, прогнозирование их вибрационной активности является актуальным.

Хотя трактор и представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из большого числа масс, совершающих линейные и угловые колебания в различных плоскостях, но представленная на рис. 1 схема трактора является достаточно общей для большого класса тракторов и позволяет описывать колебания основных агрегатов трактора, возбуждаемых микрорельефом почвы и работой двигателя.



1 – поддресоренная рама, 2 – силовой блок,
3 – кабина, 4 – сиденье оператора,
5 – движитель, 6 – стойка

Рис. 1 – Структурная схема трактора

В работе рассматриваются вопросы построения дискретной математической модели трактора для анализа его плоско-параллельного движения в вертикальной плоскости. Предложенная математическая модель реализована в виде компьютерной программы.

Автоматизация построения математической модели трактора с последующим расчетом спектра его собственных частот позволяет с достаточной степенью точности прогнозировать вибрационные характеристики трактора при варьировании: массовыми и инерционными характеристиками агрегатов трактора; количеством, координатами приложения и жесткостью амортизаторов, которые используются для поддресоривания агрегатов трактора; геометрической компоновкой агрегатов трактора. Такой подход позволяет исследовать влияние компоновочных и параметрических модификаций на вибрационные характеристики трактора и решать соответствующие оптимизационные задачи.

В работе приведены примеры практической реализации предложенного подхода к прогнозированию вибрационных характеристик тракторов.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОАМОРТИЗАТОРОМ ПОДВЕСКИ СИДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ

**Сергиенко Н.Е., Любарский Б.Г., Медведев Н.Г.,
Агапов О.Н., Пастушина М.И.**

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

В настоящее время в подвесках сидений водителя транспортных машин используются в основном гидравлические или пневматические амортизаторы, обеспечивающие определенное снижение уровня колебаний водителя при движении по неровностям. Особенностью таких амортизаторов является то, что гашение колебаний водителя осуществляется с постоянным коэффициентом демпфирования, что в определенных условиях движения машины не обеспечивает нормируемые условия его труда. Это сказывается на производительности труда, ускоряет утомляемость водителя, увеличивает нагруженность конструкции сидения. При этом следует отметить то, что энергия механических колебаний расходуется не рационально.

Анализ конструкций, работы подвесок, последних разработок [1 и др.] и результатов исследований [2 и др.] показал, что сегодня необходимы оригинальные варианты устройств гашения колебаний сидения водителя с принципиально отличающимися по функциональным задачам систем поддресоривания и управления (СУ). В современных конструкциях гашение колебаний должно осуществляться более эффективно, быть управляемым и обеспечивать стабилизацию положения подушки сидения. При этом энергия механических колебаний должна рационально преобразовываться и передаваться на накопитель. С ростом скоростей движения машины становится особенно важным обеспечение стабилизации положения подушки сидения в заданном диапазоне, т.к. это облегчает процесс управления транспортным средством, становится эффективнее защита водителя в широком диапазоне внешних воздействий.

Предложено использовать в подвеске сидения транспортных средств линейный электромеханический преобразователь-амортизатор (ЛЭМП) с автоматической СУ, который при управлении работает как генератор или как электродвигатель. СУ включает датчики, дифференцирующее и интегрирующие звенья, блок управления, инвертор, ключи, соединяющие фазные обмотки ЛЭМП с источниками электрической энергии транспортного средства.

Теоретические результаты исследований предлагаемого варианта показали повышение эффективности защиты водителя.

Литература:

1. Пат. 2529425 РФ, МПК F16F 6/00, В60G 13/14. Система управления электроамортизатором-преобразователем подвески транспортного средства / заявители: Сергиенко А.Н., Любарский Б.Г., Медведев Н.Г., Сергиенко Н.Е., Худолий А.И. – №2013124353/11; заявл. 27.05.2013; опубл. 27.09.2014. Бюл. №27, бс.2. Сергиенко А.Н. Математическая модель электромеханического преобразователя для электроамортизатора транспортного средства / Сергиенко А.Н., Любарский Б.Г., Сергиенко Н.Е. // Электротехника і електромеханіка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – №6. – С. 61-65.

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРИВОДІВ ЗДВОЄНИХ МУФТ ЗЧЕПЛЕННЯ

Сергієнко М.Є.¹, Перевозник А.С.², Соболев Є.Ф.², Цукар Д.Ю.¹

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»¹,

Харківський державний автомобільно-дорожній коледж², м. Харків

На транспортних засобах застосовуються механічні, гідравличні та комбіновані типи приводів муфт зчеплення. Останні можуть бути електромеханічними, електровакуумними, електромагнітними та електрогідравличними.

Аналіз джерел інформації по приводам сучасних не постійно замкнених, здвоєних муфт зчеплень показав, що частіше використовують електрогідравличні схеми. Однак така схема ускладнює конструкцію приводу, вимагає використання додаткових пристроїв, що збільшує вартість приводу, трудомісткість обслуговування та ремонту.

В даний час з розвитком конструкцій муфт зчеплень, необхідністю поліпшення умов праці водія виникають наступні завдання: зниження витрат енергії на управління зчепленням і забезпечення їм передачі моменту від ДВЗ на коробку передач; передача моменту без розриву потоку потужності; скорочення часу переключення зчеплень; автоматизація процесу управління зчепленням; зниження вартості приводу, його обслуговування та ремонту. При цьому необхідно забезпечити зручність та легкість управління, чистоту виключення, плавність і повноту включення, мінімальні розміри і масу, простоту пристрою, високу надійність.

На підставі результатів аналізу джерел інформації запропоновано оригінальний варіант електромеханічного приводу муфти зчеплення, в який входять датчики моторотрансмісійної установки, блок управління муфтою зчеплення, електродвигун, механічний механізм та джерело електроенергії. Особливістю системи управління є те, що її робота пов'язана з блоками управління подачею палива ДВЗ та переключенням передач КПП. За допомогою такої структури управління забезпечується узгоджена робота ДВЗ і КПП.

Ця система управління запропонована для оригінальної двох потокової непостійно замкнутої муфти зчеплення [1] транспортного засобу. Вона дозволяє вибірково перемикає автоматично або водієм парні і непарні передачі КПП і навпаки рядів коробки передач, покращуючи експлуатаційні якості за рахунок перемикання без розриву потоку потужності передач рядів коробки передач, можливості виключення передачі моменту і регулювання часу включення фрикційних пар.

Ця система управління здвоєною, сухою муфтою зчеплення дозволяє з мінімальними енергетичними витратами виконувати управління зчепленням та швидко перемикання потоків потужності КПП.

Література:

1. Сергієнко М. Є. 101711 Двопотокова муфта зчеплення [Текст] / М. Є. Сергієнко, А. М. Сергієнко, О. І. Худолій // Патенти и изобретения: Изобретения, – 2013.

УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Скворчевський О.Є.

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

Концепції розвитку Збройних Сил України, Національної гвардії, концерну «Укроборонпром» передбачають все більше застосування інформаційних технологій та досягнень сучасної логістики. Таким чином, розвиток CALS-технологій та інтегрованої логістичної підтримки життєвого циклу озброєння та військової техніки (ОВТ) є актуальною науково-практичною задачею. Значна кількість публікацій присвячена суміжним питанням. Так матеріали статті [1] можуть бути застосовані для підвищення інноваційного потенціалу підприємств військово-промислового комплексу. Для впровадження систем менеджменту якості можуть бути застосовані положення викладені в [2]. Організація ремонтних робіт, які є невід'ємною частиною інтегрованої логістичної підтримки ОВТ, може бути покращена на основі певних положень [3]. В роботі [4] викладені принципи створення компонентів автоматизованої системи управління боєм з єдиним інформаційним простором. Так, розвиток різних аспектів інформаційної підтримки складної наукомісткої продукції, до якої відносяться сучасне ОВТ, іде достатньо інтенсивно.

Однак, для впровадження вище перелічених компонентів необхідна інтегруюча систем, яка б забезпечила супроводження об'єкту ОВТ на всіх етапах його життєвого циклу. Такі інтегруючі системи будуються на основі CALS-технологій. Піонерами і їх застосуванні є країни НАТО. Україні необхідно переймати їх досвід в цьому напрямку. Одним із базових документів в цьому напрямку є [5]. Згідно із [5] управління життєвим циклом (through life management (TLM)) – це стратегія оптимізації загального успіху програми шляхом фокусування на віддачі життєвого циклу для основних оборонних програм. Віддача життєвого циклу може вимірюватись багатьма різними способами, наприклад скороченням часу виходу на ринок, зниженням вартості придбання, зниженням вартості обслуговування та підтримки, підвищенням продуктивності, зменшенням часу технічного обслуговування і т.д. Метою тут є зробити це краще, швидше та дешевше. Програми мають розглядати інформацію як актив, використовуючи принципи управління інформацією про життєвий цикл (through life information management (TLIM)), впроваджений через загальне середовище даних (shared data environment (SDE)). Більш детально поняття TLIM та SDE розкриваються в [5].

Література:

1. Кучинський В.А. Розвиток інноваційного потенціалу підприємства в сучасних умовах / В.А. Кучинський, О.Ю. Крамської, А.О. Андрушенко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2009. – №6. – С. 70-74.
2. Лебединец В.А. Анализ тенденций и прогнозирование перспектив внедрения систем менеджмента качества в Украине / В.А. Лебединец, С.Н. Коваленко, Е.М. Проскурня // Вісник НТУ «ХПІ». – 2008. – №2. – С. 127-136.
3. Кучинський В.А. Ефективність організації систем ремонтно-технічного обслуговування обладнання машинобудівних підприємств : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економ. наук : 08.00.04 / Кучинський Володимир Анатолійович ; М-во освіти і науки України, Нац. Техн. ун-т «ХПІ». – Харків, 2009. – 23 с.
4. Никонов О.Я. Объекты бронетанковой техники как компоненты интеллектуальной системы управления взаимодействием с единым информационным пространством / О.Я. Никонов // Механіка та машинобудування – 2010. – № 1. – С. 10-17.
5. NATO CALS handbook. – 2000. – 307 p.

**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОНТАКТА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ТЕЛ: РЕЗУЛЬТАТЫ**
**Скрипченко Н. Б., Ткачук Н. Н., Атрошенко А. А., Черкашин А. О.,
Ананьин Е. С., Васютин Н. М., Видяев И. В.**
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В ходе эксперимента при варьировании величины промежуточного податливого слоя, а также прижимающего усилия между сложнопрофильными телами получены разные пары контактных отпечатков и проведена их оцифровка. Определено, что контактные пятна, полученные на пленках меньшей чувствительности, хорошо отображают форму и границы пятен контакта, однако имеют белую область в центральной зоне. Это объясняется тем, что пленка в этой области «засвечена», т.к. там действуют контактные давления, превышающие верхний порог ее чувствительности. Для оценки контактных давлений в этой центральной зоне и их максимальных значений используются уже данные, полученные на пленках с более высоким диапазоном. Т.о., в ходе эксперимента обосновано применение двух типов пленки одновременно в едином пакете для оценки характера распределения контактных давлений, их максимальных значений и размеров пятен контакта. Это обстоятельство отличает методику исследований от традиционных (с применением одного типа пленки или нескольких, но устанавливаемых поочередно).

На полученных оцифрованных контактных пятнах видно, что при использовании большего количества слоев (увеличением податливости промежуточного слоя) фиксируемые размеры контактных пятен растут, а максимальные контактные давления уменьшаются, и пики в распределениях сглаживаются. С увеличением же прижимающего усилия наблюдается рост максимальных контактных давлений и увеличение площадки контакта.

Проведенные исследования показали качественное и количественное соответствие результатов, полученных методом граничных элементов и установленных экспериментально. Численно установлено и подтверждено в ряде экспериментов, что при увеличении локальной податливости промежуточного слоя распределения контактных давлений сглаживаются, их максимальные значения снижаются, а пятно контакта растет. Анализ показывает, что погрешность численного моделирования контактного взаимодействия сложнопрофильных тел с учетом податливости не превышает 10 %.

**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОНТАКТА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ТЕЛ: МЕТОДОЛОГИЯ**
**Скрипченко Н. Б., Ткачук Н. Н., Атрошенко А. А., Ляшенко А. С.,
Хузяхметова М. Р., Погребняк Д. А., Головин А. М.**
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В современном машиностроении контактное взаимодействие – один из основных способов передачи механического воздействия между деталями машин в процессе эксплуатации. При этом для передачи сложных видов движения, увеличения нагрузочной способности, а также уменьшения максимальных контактных давлений при проектировании новых изделий их форма усложняется. Это порождает проблему выбора рационального способа анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) контактирующих сложнопрофильных тел, поскольку для таких тел нельзя напрямую применить известные традиционные методики. Также характер распределения контактных давлений и величина их площадок чувствительны к учету дополнительных факторов, таких как шероховатость, наличие прокладок, пленок, напылений и т.д. Для анализа НДС при контактном взаимодействии с учетом этих факторов разрабатываются различные численные методы. Наиболее распространенные из них – метод конечных элементов и метод граничных элементов. В работе предложен усовершенствованный вариант метода граничных элементов для решения контактных задач, позволяющий учитывать произвольную форму первоначального зазора между сопрягаемыми телами, что позволяет расширить область исследуемых задач на более широкий класс объектов. Также предложена модель учета локальной податливости промежуточного слоя между контактирующими телами, основанная на линейных и нелинейных моделях Винклера. При помощи специализированного программно-модельного обеспечения, разработанного при реализации предложенной математической модели, решен ряд модельных и прикладных задач. Полученные численные результаты нуждаются в подтверждении данными экспериментальных исследований.

Цель работы состоит в расчетно-экспериментальном исследовании контактного взаимодействия сложнопрофильных тел при наличии между ними упругого слоя и в обосновании на этой основе точности проведенного комплекса численных исследований, выполненных при помощи метода граничных элементов.

В работе экспериментальное исследование контактного взаимодействия сложнопрофильных тел с учетом локальной податливости сопрягаемых поверхностей (обусловлена наличием либо шероховатости, либо прокладок, напылений, пленок и т.д.) проведено на опытных образцах элементов гидрообъемной передачи. В процессе экспериментальных исследований определялись величины контактных площадок и контактных давлений методом контактных отпечатков с применением чувствительных к давлению пленок. Эти пленки разработаны компанией Fuji [www.fujifilm.com] и позволяют измерять давления при статическом нагружении или их максимальные значения при динамическом.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНДЕНТОРА РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ С ПРЕГРАДОЙ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

**Ткачук А. В., Скрипченко Н. Б., Мазур И. В., Васильев А. Ю.,
Куценко С. В., Набоков А. В., Красиков Р. В., Максик В. В.**

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

Как отмечается во многих работах, для анализа процессов бронепробивания используется множество различных методов и подходов. Одна группа методов ориентирована на исследование самого процесса соударения ударника (снаряда) с защитной плитой или полупространством. При этом записывается полная система уравнений: уравнение состояния; модель для описания зависимости предела текучести от достигнутого уровня пластических деформаций, скорости пластических деформаций, плотности материала и температуры; модель формирования разрушений в структуре материала. Данная система уравнений в принципе аналогична системе уравнений для упруго-пластического деформирования, однако, поскольку скорости процессов в данном случае гораздо выше, а основным физическим процессом является нарушение сплошности материала, сама структура соотношений гораздо сложнее, причем добавляется новый вид нелинейности – структурная. Т.о., получаемая система уравнений становится достаточно сложной и громоздкой. При этом напрямую применить ее для проведения многовариантных исследований в ходе обоснования проектных параметров бронекорпусов легкобронированных машин нецелесообразно. Кроме того, возникает также ряд частных задач, которые не требуют моделирования процесса бронепробивания во всей полноте, а только проведения анализа качественного влияния того или иного параметра на характер распределения конкретной величины в пространстве или времени. В связи с этим возникает актуальная проблема создания новых подходов к исследованию взаимодействия инденторов различной формы с преградой. Это составляет цель данной работы.

Процесс взаимодействия индентора с бронепреградой является высокоскоростным нелинейным физико-механическим процессом, сопровождающимся частичным или сквозным разрушением бронепанели. При этом можно записать формально достаточно полную математическую модель взаимодействия ударника с преградой. Она содержит уравнения сохранения массы, количества движения, энергии, а также критерии разрушения материалов взаимодействующих тел. На этой основе в ряде работ при помощи метода конечных элементов ставится и решается комплекс задач численного исследования процесса проникновения снаряда в преграду. В то же время этот способ решения задачи достаточно ресурсозатратен (с точки зрения вычислительных ресурсов). Альтернативной постановкой данной задачи является использование упрощенных эмпирических формул.

В то же время отмеченные выше полные постановки представляют в некоторой степени крайности с точки зрения «адекватность (точность) – оперативность». В силу этого и первая, и вторая постановки имеют существенные недостатки при практическом применении, когда требуются высокоэффективные и оперативные решения задач.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНДЕНТОРА РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ С ПРЕГРАДОЙ: ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МОДЕЛИ

**Ткачук А. В., Скрипченко Н. Б., Васильева Т. А.,
Матвиенко Ю. И., Пархоменко А. С., Куц К. В.**

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

При исследовании взаимодействия индентора с преградой во многих случаях применяются либо очень сложные, либо чрезмерно упрощенные методы и модели. Требуется разработка новых подходов к решению этой задачи, соединяющих точность и оперативность.

Естественно, что при этом компромиссные варианты не могут быть построены на механическом соединении крайних по критериям точности и оперативности постановок. Требуются новые постановки. В частности, для некоторых типов задач требуется проведение качественного анализа изменения распределения контактного давления в сопряжении «ударник – преграда» в зависимости от формы головной части снаряда и свойств материала его поверхностного слоя (оболочки). Следуя работе, можно принять, что если при этом физико-механические свойства материалов отличаются незначительно, то взаимодействующие тела можно моделировать упругими телами на начальных этапах взаимодействия.

В первом приближении начальный этап встречи и контактного взаимодействия индентора с преградой при низких скоростях можно представить в виде контакта двух полупространств. В работе для анализа распределения контактных давлений в сопряжении сложнопрофильных тел, свойства податливости которых в нормальном направлении к поверхности контакта можно аппроксимировать свойствами полупространств, предложено использовать метод граничных интегральных уравнений (МГИУ). Разработаны основные соотношения, полученные при дискретизации уравнений и неравенств МГИУ с привлечением подхода метода граничных элементов. Был исследован контакт двух тел вращения, зазор между которыми представляет собой степенную функцию радиус-вектора r с показателем степени K . Моделирование влияния упругих свойств слоя, имитирующего шероховатость, осуществлено путем варьирования параметра λ от нулевого до значения, намного превышающего глобальную податливость системы тел. Получены характерные распределения контактных давлений.

Анализ полученных картин распределений контактных давлений показывает, в каком направлении и в какой степени форма головной части снаряда (индентора) и свойства промежуточного слоя влияют на контактные давления. Видно, что чем меньше степень K (т.е. чем острее головная часть), тем выше максимальные контактные давления. С другой стороны, чем податливее промежуточный упругий слой, тем меньшим является максимальное контактное давление, а площадь контакта – большей. Еще одной характерной особенностью распределения контактных давлений при $K > 2$ является наличие локального минимума в средней части зоны контакта. Этот минимум более ярко выражен при малых λ , и менее – при больших.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗАДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН: МЕТОДОЛОГІЯ

**Ткачук М. А.¹, Литвиненко О. В.¹, Васильєв А. Ю.¹, Грабовський А. В.¹,
Танченко А. Ю.¹, Шейко О. І.², Хлань О. В.², Малакей А. В.²,
Шаталов О. Є.³, Срібний С. М.³**

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

²ДП «Завод ім. Малишева», м. Харків,

*³Національна академія сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів*

Бронетанкобудування України склалося як одна із основних галузей військово-промислового комплексу. При цьому для забезпечення тактико-технічних характеристик (ТТХ) військових гусеничних і колісних машин повинна діяти струнка система, що охоплює всі етапи життєвого циклу виробів – від формування тактико-технічних вимог Збройними Силами до полігонних випробувань і бойового застосування. У цій системі, що склалася, найважливішими етапами, на яких закладаються, забезпечуються і втілюються ТТХ бойових легкоброньованих машин (ЛБМ), є відповідно їх конструювання, технологічна підготовка і виробництво. Всі ці етапи потребують відповідного наукового супроводу.

Виходячи з того, що ТТХ ЛБМ вимагають дотримання балансу витрат, кваліфікації та рівня діяльності на проектному етапі, при дослідженнях, технологічній підготовці виробництва і безпосередньо при їх виготовленні, можна зробити висновок про те, що однією із найважливіших проблемних компонент є якраз технологічна підготовка та науковий супровід розробок. Також слід взяти до уваги, що вітчизняне бронетанкобудування порівняно недавно почало розвивати розробку і виготовлення ЛБМ, зокрема, колісних, для яких, на відміну від бойових машин важкої категорії за масою, виникають властиві тільки їм проблемні питання.

Метою роботи є розробка наукових основ проектно-технологічного забезпечення захищеності і міцності легкоброньованих машин на основі результатів математичного моделювання фізико-механічних процесів та станів бронекорпусів при дії засобів ураження із урахуванням технологічних чинників і обґрунтування на їх основі раціональних проектно-технологічних рішень.

Для досягнення цієї мети на основі розвитку методу узагальненого параметричного моделювання та поширення його на проектно-технологічні рішення розроблений новий підхід до забезпечення заданих тактико-технічних характеристик ЛБМ, який полягає в їх забезпеченні як результату взаємодії та взаємовпливу конструктивних рішень, технологічних режимів і умов виробництва. При цьому вперше множина технологічних чинників залучена як така, що певною мірою визначає рівень ТТХ, і як варійована, шукана.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗАДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН: РЕЗУЛЬТАТИ

**Ткачук М. А.¹, Васильєва А. В.¹, Крилюк Б. І.¹, Касай О. І.¹,
Дзюба Ю. С.¹, Борисенко С. В.¹, Рікунов О. М.², Посохов В. В.²**

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

²Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Для обґрунтування проектно-технологічних рішень задля забезпечення тактико-технічних характеристик бойових броньованих машин запропонована нова методологія, яка базується на параметризації усіх важливих складових, що визначають їхні тактико-технічні характеристики (ТТХ).

Запропонований новий підхід інтегрований у комплекс математичних моделей, які, на відміну від відомих спрощених, є нелінійними та більш адекватними, і в них імплементовано усі варійовані, у тому числі технологічні, параметри. Також у цих моделях відображені не тільки фізичні, геометричні, структурні нелінійності, але і параметричні, що відрізняє їх від відомих. При цьому новими якостями створених моделей є те, що складові ТТХ можуть визначатися у ході аналізу фізико-механічних процесів і станів як їхній прямий результат.

Важливою відмінною особливістю даних моделей є врахування раніше невраховуваних фізичних чинників, зокрема: залежність напружень не тільки від деформацій, а й від швидкості деформування; наявність декількох ділянок на кривій "напруження-деформації", а, відповідно, і формування критеріїв захищеності за різними умовами і рівнями; вплив проектно-технологічних параметрів на динамічний напружено-деформований стан і віброзбудливість бронекорпусів.

Комплекс математичних моделей на основі нового, заявленого в роботі, підходу реалізований у вигляді спеціалізованого програмно-модельного комплексу, який, на відміну від відомих, побудований на поєднанні переваг універсальних програмних продуктів і спеціалізованих модулів, які враховують особливості того чи іншого конкретного об'єкта досліджень і переводять їх у предметну область. Створений спеціалізований програмно-модельний комплекс дає змогу інтегрувати його у системи автоматизованого проектування, технологічної підготовки виробництва та досліджень, експлуатованих у промисловості. На цій основі розроблені раціональні проектно-технологічні рішення для елементів бойових броньованих машин.

У ході експериментальних досліджень всі результати числових розрахунків підтвердили свою точність. Було також підтверджено обґрунтованість розроблених на їх основі рекомендацій, причому як при полігонних випробуваннях, так і в ході експлуатації та бойового застосування ЛБМ.

ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ЗМІЦНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДВИГУНІВ ТА АГРЕГАТІВ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

**Ткачук М. А.¹, Кравченко С. О.¹, Посвятенко Е. К.², Гончаров В. Г.³,
Д'яченко С. С.⁴, Шпаковський В. В.¹, Шейко О. І.⁵, Бєлов М. Л.⁵**

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

²Національний транспортний університет, м. Київ

³Фірма «ТАВІ»,

⁴Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

⁵ДП «Завод ім. Малишева», м. Харків

Створення нових технологій, що не здійснюють високого температурного впливу на відновлювану деталь при її зміцненні, дає підвищення їх зносостійкості, значно підвищує ресурс та довговічність роботи двигунів і агрегатів спеціальної техніки. Це дасть можливість підвищити конкурентоспроможність вітчизняної машинобудівної продукції на світовому ринку.

Для досягнення цієї мети розроблено концепцію узагальненого параметричного моделювання складних механічних систем, методи аналізу фізико-механічних процесів і синтезу конструктивних параметрів та нових технологій зміцнення для забезпечення підвищеного ресурсу двигунів і агрегатів спеціальної техніки. Розроблено метод синтезу раціональних конструктивних параметрів і нових технологій для зміцнення приповерхневих шарів високонавантажених об'єктів при нечітких множинних критеріях, обмеженнях і умовах експлуатації. Розроблено метод розрахунково-експериментального обґрунтування параметрів зон гальвано-плазмового перетворення алюмінієвої поверхні і зон дискретного зміцнення високонавантажених поверхонь чавунних і сталевих деталей на основі результатів лабораторних досліджень мікроструктури металу, мікротвердості, жорсткості, триботехнічних параметрів і втомної міцності.

Запропоновані і обґрунтовані нові методи зміцнення на основі пластичного деформування поверхневих шарів матеріалу. Розроблені методи зміцнення шляхом іонного бомбардування поверхні деталей та створення на поверхні композиції із наноструктурними елементами.

Науково обґрунтовані матеріали, режими і параметри технологій зміцнення, які лягли в основу прийняття проектно-технологічних рішень при виробництві та ремонті серії двигунів та агрегатів для спеціальної техніки (елементи гідропередач для танкових трансмісій, автомобільні двигуни для військової техніки, стволи танкових гармат, тепловозні двигуни, колісні пари рухомого складу залізничного транспорту, верстати, валки прокатних станів тощо) з високими технічними і тактико-технічними характеристиками.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДВИГУНІВ ТА АГРЕГАТІВ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

**Ткачук М. А.¹, Кравченко С. О.¹, Посвятенко Е. К.², Гончаров В. Г.³,
Д'яченко С. С.⁴, Шпаковський В. В.¹, Шейко О. І.⁵, Белов М. Л.⁵**

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

²Національний транспортний університет, м. Київ

³Фірма «ТАВІ»

⁴Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

⁵ДП «Завод ім. Малишева», м. Харків

На основі проведеного комплексу досліджень розроблена та впроваджена у виробництво (виготовлення й ремонт) спеціальної техніки гама методів зміцнення (зокрема, дискретне зміцнення на базі розвитку електроіскрового легування, гальвано-плазмове перетворення поверхневого шару алюмінієвих деталей (корундування), холодне пластичне деформування, іонне бомбардування зі створенням мікронаноструктурних композицій, а також комплексні технології, що поєднують окремі види із перелічених); вони, порівняно із традиційними, суттєво (у 2–4 рази) підвищують ресурс, міцність та довговічність, знижують у 2–3 рази втрати на тертя і зношування. Крім того, вони позбавлені недоліків існуючих технологій зміцнення (розтріскування, ослаблення серцевини, залишкові деформації тощо). Запропоновано спосіб посилення дії кожного з перелічених методів шляхом їх комбінації, що дає набагато більший ефект, ніж кожний з них окремо.

Запропоновані технології відрізняються від відомих способами і режимами перетворення поверхні. У результаті це дає ефект одночасного поліпшення трибомеханічних характеристик пар тертя, зокрема, порівняно із традиційними, збільшується не тільки твердість, але і втомна міцність матеріалу деталей.

Застосування запропонованої технології дискретного зміцнення, наприклад, для колінчастих валів форсованих двигунів, підвищує їх ресурс на 40% з одночасним зменшенням витрат на їх виробництво до 70%. При модифікації поверхні алюмінієвих поршнів методом гальвано-плазмового перетворення в умовах експлуатації ресурс циліндро-поршневої групи збільшується в 3..4 рази, що істотно окупає всі виробничі витрати. Рівень конструктивної міцності виробів зі зміцнених іонним бомбардуванням деталей машин дає приріст механічних характеристик до 40 %. Подібний ефект спостерігається також і для інших видів військової і цивільної техніки.

Обґрунтовано оптимальні технологічні режими зміцнення робочих поверхонь алюмінієвих, чавунних і сталевих деталей, а також, розроблено та виготовлено обладнання і технологічне оснащення. На цій основі створено й освоєно виробництво низки двигунів для військової та цивільної техніки із підвищеними технічними і тактико-технічними характеристиками, у т.ч. – при ремонті: серій 10Д100, Д80, 5Д49 та інших; а також агрегатів спеціальної техніки: гідропередачі для танкових трансмісій, автомобільні двигуни для військової техніки, стволи танкових гармат, тепловозні двигуни, верстати, валки прокатних станів тощо.

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ УДАРНО-КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ
ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ:
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРОМИСЛОВЕ ВПРОВАДЖЕННЯ**

**Ткачук М. М.¹, Грабовський А. В.¹, Скріпченко Н. Б.¹,
Лавриненко С. М.¹, Храмцова І. Я.¹, Кохановська О. В.¹, Кохановський В. І.²**

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
²Індустріальна група «УПЕК», м. Харків*

Для сучасного машинобудування характерне широке застосування машин, у яких передача необхідних складних видів руху і значних робочих зусиль здійснюється за допомогою контакту складнопрофільних деталей. При цьому форма робочих поверхонь цих деталей визначається, по-перше, умовами кінематичного спряження, а по-друге, вимогами забезпечення міцності з урахуванням реальних розподілів контактної тиску. При проектуванні таких елементів машин виникають дві зв'язані задачі: I – аналізу напружено-деформованого стану (НДС) складнопрофільних тіл з урахуванням їхньої контактної взаємодії; II – геометричного синтезу їхніх кінематично генерованих поверхонь. Існуючі методики розв'язання задач I і II не забезпечують варіативності при описі форми тіл, мають недосконалі механізми інтеграції геометричних і розрахункових моделей і є недостатньо збалансованими за точністю та обчислювальними ресурсами на різних етапах досліджень. Суттєве значення дані чинники мають для важких вібраційних машин, зокрема, віброударних, тому що при цьому традиційні підходи до моделювання динамічних процесів і НДС не дають адекватних результатів. У цьому контексті особливе значення набувають питання визначення сил ударної взаємодії вібромашини з технологічним вантажем при його частковому руйнуванні, оскільки в багатьох віброударних системах такого типу (тобто з високою дисипативністю) не можна заздалегідь установити параметри основних їх елементів. У зв'язку з цим удосконалення методів аналізу контактної взаємодії і синтезу тіл є актуальною науковою і практичною проблемою, яку розв'язано в поданій роботі.

У роботі удосконалено метод розв'язання зв'язаної задачі аналізу НДС з урахуванням контактної взаємодії і синтезу спряжених поверхонь тіл, що відрізняється від традиційних єдиним підходом до опису геометричних і числових моделей досліджуваних тіл; вперше запропоновано високоточне генерування скінченно-елементних моделей тіл шляхом топологічно регулярного розбиття у внутрішніх координатах поверхонь; застосовано метод граничних елементів у поєднанні з уточненим аналітичним обчисленням коефіцієнтів матриці впливу та зазору між тілами; розроблено новий підхід для визначення сил ударної взаємодії у віброударних дисипативних системах шляхом розкладання шуканої сили в ряд з коефіцієнтами, які обчислюються в ході розрахунково-експериментальних досліджень; запропоновані функціонали для ідентифікації параметрів віброударної системи як міри невідповідності розрахункових та експериментальних результатів; встановлено, що залежно від фізико-механічних параметрів системи в ній можливі рівноударні або різноударні субгармонійні усталені періодичні режими руху.

**НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ НОВЕЙШИХ РАЗРАБОТОК В
ОТЕЧЕСТВЕННОМ БРОНЕТАНКОСТРОЕНИИ:
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ**

**Ткачук Н.А.¹, Шейко А. И.², Хлань А. В.², Набоков А. В.¹, Лисовол Я. Н.¹,
Куценко С. В.¹, Недилько Е. Д.¹**

*¹Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

²ГП «Завод им. Малышева», г. Харьков

Современное отечественное бронетанкостроение сталкивается со множеством проблем. Это обусловлено, в частности, тем, что изначально отсутствуют необходимые для этого базовые исследовательские структуры. В то же время отвлекаясь от институциональной компоненты научно-исследовательского обеспечения проектирования, технологической подготовки производства и изготовления элементов бронетанковой техники, можно сосредоточиться на ее предметном содержании. Это дает возможность обосновать преимущества проектного подхода к организации научных исследований. Этот подход обеспечивает создание научных коллективов, ориентированных не на существующие организационные структуры, а на возникающие актуальные и важные проблемы.

Такой подход к проведению научных исследований реализован в Национальном техническом университете "Харьковский политехнический институт" и, в частности, в разрезе следующих направлений:

- создание специализированных интегрированных моделей для автоматизированного исследования прочности и жесткости элементов бронетанковой техники;
- разработка математических и численных моделей движения колесных и гусеничных машин по пересеченной местности;
- моделирование физико-механических процессов в гидрообъемных передачах перспективных танков;
- проблемы повышения прочности и стойкости стволов систем вооружения бронированных машин;
- проблемы повышения бронестойкости корпусов легкобронированных машин;
- повышение точности стрельбы за счет снижения интенсивности процессов в системе «боевой модуль – бронекорпус – подвеска».

Разработанные подходы, модели и методы исследований использованы при создании ряда образцов бронетанковой техники с высокими тактико-техническими характеристиками.

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПОЛІПШЕННЯ ТЕПЛОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ ВИПУСКНОГО КЛАПАНА ФОРСОВАНОГО ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ

Триньов О.В., Карнаухов О.О.

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

Поліпшення теплонапруженого стану (ТНС) випускних клапанів, що особливо важливо для високофорсованих, термічно і механічно навантажених тепловозних ДВЗ, досягається в більшості випадків заходами, направленними на зменшення експлуатаційних температур деталей клапанного вузла, температурних градієнтів в клапані. При цьому важливим є комплексний підхід при вирішенні поставленої проблеми, який практично можна реалізувати шляхом автоматичного підтримання, регулювання заданих температур не лише випускного клапана, а також і контактуючих з ним деталей клапанного вузла(сідло клапана, напрямна втулка).

Надійна робота найбільш теплонапружених деталей камери згорання (КЗ) тепловозного дизеля, зокрема клапанного вузла, які й визначають його моторесурс у поєднанні з високою паливною економічністю, залишаються і на сьогоднішній день основними критеріями для оцінки перспективності конструкції тепловозного дизеля.

Тепловий стан клапанного вузла є визначальним фактором, який впливає на надійну роботу вузла, на його моторесурс.

В представленому дослідженні його об'єктом є клапанний вузол тепловозного дизеля 16ЧН 25/27(2Д70, 3Д70) та його модифікацій (Д80) виробництва ДП завод ім. В.О. Малишева (м. Харків). Як показали проведені в останні роки на кафедрі ДВЗ НТУ «ХПІ» розрахункові і експериментальні дослідження, ефективним засобом поліпшення теплового стану вузла, підвищення надійності може стати локальне повітряне охолодження (ЛПО) як окремої деталі, так і одночасно декількох деталей вузла у поєднанні з іншими конструктивними удосконаленнями та автоматизацією процесів охолодження в залежності від рівня термічного навантажування деталі на даному експлуатаційному режимі. При цьому також необхідно проаналізувати такі чинники як енергетичні витрати двигуна на функціонування Системи ЛПО, пристосованість конструкції ДВЗ, зокрема циліндрової кришки, до розміщення додаткових контактів і порожнин для циркуляції стиснутого повітря. Важливим моментом для практичної реалізації системи ЛПО на двигуні серійного виробництва є також пристосованість силової установки – локомотива до розміщення додаткового обладнання, зокрема повітряного компресора та привідних елементів.

В проведеному дослідженні також було проаналізовано інші, крім локального охолодження, можливості для реалізації на тепловозному дизелі конструктивні заходи з поліпшенням теплового стану випускного клапана.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ У СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ДИЗЕЛЯ НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

Федоров А.Ю., Марченко А.П., Ліньков О.Ю.

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

На сьогодні дуже розповсюдженою є модернізація застарілої військової техніки. Такий підхід дозволяє значно заощаджувати бюджет на підтримці обороноздатності. Найрозповсюдженішим зразком бойової машини в світі є танк другого покоління Т-72, в світі їх виготовлено близько 30000 штук і вони розповсюджені у більш ніж 100 країнах світу. Особливістю даного танка є вентиляторна система охолодження двигуна В-46-6, з приводом вентилятора від колінчастого валу дизеля через ланку зубчастої передачі.

За проведеними дослідженнями визначено залежності, що відображають кількість підведеної теплоти до системи охолодження від транспортного дизеля В-46-6. В залежності від режиму роботи тепловиділення в систему охолодження може змінюватись. Режим роботи визначається частотою обертання колінчастого валу дизеля і навантаженням. При роботі дизеля на номінальному режимі і 100% навантаження, теплота відведена теплообмінниками є максимальною. При підтримці частоти обертання відповідній номінальній, та скиданні навантаження на 20% відповідно отриманих залежностей загальна теплота, підведена до системи охолодження, є меншою на 15%. Для забезпечення оптимальної температури деталей дизеля при зменшенні підведеної теплоти до системи охолодження необхідним є задати оптимальну витрату повітря через теплообмінники. В оригінальній компоновці, штатний вентилятор при сталій частоті обертання колінчастого валу не дозволяє впливати на витрату повітря гнучко й ефективно, крім того в умовах проведення бойових дій важливим є усунення втручання людини в роботу вентилятора з метою не відволікання водія від керування. Тож актуальним є питання модернізації вентиляторної установки танка Т-72.

Вирішення поставленої задачі зводиться до відмови від жорсткого зв'язку вентиляторної установки із дизелем. Та заміна його на електричний, або гідравлічний. Такі заходи дозволять відмовитися від муфти тертя, що об'єднує привід вентилятора із робочим колесом.

Зменшення обертових мас, зменшить витрати на привід вентилятора, а впровадження нового типу приводу дозволить на бойовій машині застосовувати елементи автоматичного регулювання роботи системи охолодження дизеля та трансмісії. За розрахунком робочого процесу теплообмінників системи охолодження виконано аналіз витрати повітря у системи охолодження дизеля В-46-6, та визначено оптимальні параметри витрати повітря в залежності від навантаження на силову установку танка Т-72, температури та тиску навколишнього середовища. Отримані залежності дозволять більш ефективно керувати роботою силової установки в умовах експлуатації.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КАТАЛІТИЧНИХ ПОКРИТТІВ

Хижняк В.О., Парсаданов І.В.

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

Представлені результати комплексної оцінки паливно-екологічних показників одноциліндрового дизеля при використанні на поверхні камери згоряння (КЗ) поршня каталітичних покриттів на основі оксидів перехідних металів.

Комплексна оцінка паливно-екологічних показників дизеля за даними експериментальних досліджень передбачена при використанні моделей експлуатації, але також можлива і для кожного режиму. Розрахунок комплексного паливно-екологічного критерію проводять з використанням ефективного ККД та коефіцієнту відносних експлуатаційних втрат, який в свою чергу враховує витрати на відшкодування екологічного збитку та витрати на паливо:

$$K_{n.e} = \eta_e \cdot \beta$$

В якості вихідних даних використовувалися результати проведених попередніх досліджень одноциліндрового дизеля з оцінки ефективності внутрішньоциліндрової нейтралізації токсичних речовин з відпрацьованими газами (ВГ), які показали позитивні результати по зниженню викидів оксидів азоту (NO_x) при одночасному підвищенню паливної економічності. Отримані дані дозволили вперше провести порівняльну комплексну оцінку паливної економічності та токсичності ВГ дизеля з поршнем серійної комплектації та дизеля з нанесеними каталітичними покриттями на поверхні КЗ поршня.

Результати розрахунків показали, що для варіанту дизеля з поршнем серійної комплектації, комплексний паливно-екологічний критерій складає 0,142, для дизеля з поршнем з нанесеним каталітичним покриттям на основі оксиду марганцю – 0,137. Максимальне значення критерію має дизель з поршнем з каталітичним покриттям на основі оксиду кобальту – 0,147.

На основі проведених досліджень можна прийти до висновку, що внаслідок збільшення концентрацій NO_x та монооксиду вуглецю (СО) у ВГ, комплексні показники дизеля з поршнем з каталітичним покриттям на основі оксиду марганцю погіршуються. В той же час, за рахунок покращення паливної економічності та зниження концентрації NO_x у ВГ дизеля, каталітичне покриття на основі оксиду кобальту забезпечує найбільший ефект.

Література:

1. Zeng W. Numerical investigation on the application of catalytic combustion to HCCI engines / Wen Zeng, Maozhao Xie, Ming Jia // Chemical Engineering Journal. – 2007. – № 127. – р. 81-93. 2. Парсаданов І.В. Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексного паливно-екологічного критерію [Текст]: монографія / І.В. Парсаданов. – Х.: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2003. – 244с. – Російською мовою.

ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНО ГРАМОТНОЇ ПОВЕДІНКИ У МОЛОДІ

Хованський С. О., Леонова Д. О.

Сумський державний університет, м. Суми

На сьогоднішній день питання об'єктивної необхідності в раціональному споживанні та економії електричної енергії є особливо актуальним та обумовлене низкою чинників, що спонукають як юридичних, так і фізичних осіб робити власний внесок у розвиток енергоефективності у бюджетній, промисловій та, насамперед, у житловій сфері. Так, обмеженість запасів природних ресурсів для вироблення електроенергії водночас із наднормовими обсягами її споживання житловим сектором призводить не тільки до глобальних екологічних проблем, а й до підвищення економічної відповідальності за перевитрати, що в свою чергу знаходить відображення у постійному зростанню цін на енергоносії та потребує значних витрат коштів населення на оплату комунальних послуг.

У даній роботі пропонуємо розробку програми впливу на формування в одного з найголовніших елементів соціальної структури, а саме в сучасної молоді, відповідального та ощадного ставлення до споживання енергетичних ресурсів шляхом проведення активної інформаційної політики у названому напрямку.

І, перш за все, для досягнення цілі ефективного використання енергоресурсів з орієнтацією на довготривалий період необхідним є безпосереднє залучення саме школярів та студентів до навчально-практичної діяльності з питань енергоощадності. Зважаючи на те, що інтенсифікувати учнівську зацікавленість у цій сфері проведенням науково-популярних лекцій майже неможливо, замість «пасивного» отримання учнями інформації розглядається застосування у навчальному процесі «діалогових», або інтерактивних, методів неформальної освіти: проведення тренінгів, мозкових штурмів, майстер-класів, індивідуальної роботи над завданнями та роботи у командах. При цьому для підвищення «ККД» процесу засвоєння матеріалу не менш важливо навчити молодь оволодівати «обліковими інструментами», необхідними для явного розуміння того, скільки витрачається енергії на задоволення тієї чи іншої потреби та яким чином відбувається фінансовий розподіл витрачених коштів.

Так, згідно статистичних даних, 80% витрачених обсягів електроенергії на рівні житлових приміщень припадає на використання електропобутових приладів. Дивлячись на це, виховання ощадливого ставлення до електроспоживання можна здійснити цікавим інтерактивним методом: учень стає не об'єктом, а суб'єктом навчання та практично засвоює грамотні навички обліку та контролю фактичних енерговитрат у повсякденному житті завдяки використанню побутового облікового пристрою, а також наочно сприймає розподіл фінансів за споживання електроенергії будь-яким електроприладом. Таким чином, тримаючи під особистим контролем обсяги споживання енергоносіїв, молода особа має можливість відчути себе активним учасником власної самоосвіти в напрямку енергозбереження.

ДЕМОНСТРАЦІЙНА ЗОНА З ВИХОВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНОЇ ПОВЕДІНКИ

Хованський С. О.¹, Гречка І. П.², Феденченко І.М.¹

¹*Сумський державний університет, м. Суми*

²*Національний технічний університет*

“Харківський політехнічний інститут”, м. Харків

Відповідно Закону України «Про енергозбереження» виховання ошадливого ставлення до використання паливно-енергетичних ресурсів є одним із пріоритетних завдань, що забезпечується шляхом навчання і широкої популяризації та пропаганди економічних, екологічних і соціальних переваг енергозбереження. Особливо актуальним питання енергозбереження є для Сумщини, яка є енергодефіцитним регіоном країни, а біля 60 % паливно-енергетичних ресурсів у енергетичному балансі області використовується для забезпечення приватних домогосподарств. Враховуючи світовий досвід у вирішенні даних проблем доцільним є залучення передусім молоді для інтегрування європейських цінностей дбайливого використання енергоресурсів у побутовій поведінці.

Мета даної роботи полягає у вихованні у студентської молоді енергоощадної поведінки споживання води як одного із різновидів природних ресурсів за рахунок здійснення активної інформаційно-просвітницької діяльності щодо напрямків зменшення енерговикористання на основі створення інтерактивної демонстраційної зони з виховання енергоощадної поведінки та культури водоспоживання, що дозволить у майбутньому скоротити витрати енергоносіїв, а також сприяти сталому розвитку раціонального використання енергоносіїв у повсякденному житті. Основним складовим елементом запропонованої демонстраційної зони є розроблений пристрій «Energy clock», який встановлюється на водорозбірний вузол і дозволяє в режимі реального часу демонструвати споживачу обсяг використаної води. Він складається з: імпульсного лічильника води, який обліковує кількість спожитої води; контролерної плати з системою керування; монітору, який встановлюється над водорозбірним вузлом на рівні очей, для демонстрації кількості споживаної води; системи голосового повідомлення, яка сповіщає користувача про кількість спожитих ресурсів після припинення їх споживання. Даний пристрій пропонується встановлювати в закладах громадського харчування, готелях, ресторанах, спортивних комплексах тощо, що дозволить зацікавити усі верстви населення до проблеми понаднормового споживання водних ресурсів.

Оцінювання результатів роботи даного пристрою може відбуватися шляхом порівняння обсягів споживання водних ресурсів до і після впровадження демонстраційної зони, а також регулярним щомісячним аналізом витрат води. Реалізація запропонованого заходу у довгостроковій перспективі дозволить: зменшити витрати води, а отже і економити кошти на оплату послуг з водопостачання та водовідведення; сформувати навички раціонального споживання енергоносіїв у повсякденному житті.

СИНТЕЗ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ ОБОДІВ КОЛІС ВСЮДИХОДІВ

Шабалін О.Ю., Калінін П.М., Жережон-Зайченко Ю.В.
*Національна академія Національної гвардії України,
м. Харків*

Відомо, що для повноприводних енергонасичених транспортних засобів, зокрема, всюдиходів, бронетранспортерів, для яких використовують колеса з роз'ємним ободом, характерним є випадки «приварювання» бортів шини до ободу коліс і демонтаж шини являє великі труднощі, особливо у дорожніх та польових умовах. Відомі рекомендації у таких випадках «забивати між шиною і бортом монтажну лопатку по черзі по усьому периметру колеса», проте це, з одного боку, потребує значних фізичних зусиль, а, з іншого, може привести до пошкодження матеріалу шини, деформування ободу і, як наслідок, порушити якість ремонтних робіт. Використання спеціалізованих стендів для обслуговування військових всюдиходів у польових умовах є неможливим.

Проведений аналіз показав, що пристрої для демонтажу шини колеса бронетранспортера у польових умовах малопоширені і при цьому мають значні розміри та масу, конструктивно складні, малонадійні, потребують значних витрат сил і часу на монтажні операції. У роботі обговорені недоліки деяких демонтажних пристроїв та результати проведеного в НАНГУ експерименту по їх використанню.

Запропонована конструкція пристрою для демонтажу шин всюдиходів типу БТР-80, БТР-4Е є розбірною, містить опорні та віджимні елементи і використовує штатний домкрат, як силовий вузол для їх переміщення, конструктивно пристрій має дві плити у вигляді дисків, одна з яких є повзуном з можливістю переміщення по напрямних шпильках, що проходять через її наскрізні в осьовому напрямку отвори і жорстко зв'язують іншу плиту з ободом колеса, який демонтується. При роботі пристрою перша плита через віджимні ланки, що контактують з шиною біля закرایок ободу колеса, рівномірно розподіляє зусилля від силового вузла і відриває шину від ободу.

Робота елементів запропонованого пристрою характеризується складним напружено-деформованим станом його елементів, для аналізу якого була побудована тривимірна модель пристрою та застосований чисельний розрахунок з використанням методу кінцевих довжин.

У роботі обговорюються результати параметричного синтезу конструктивних елементів запропонованого пристрою з точки зору забезпечення оптимального співвідношення міцності, жорсткісних та масогабаритних характеристик.

Проведені чисельні експерименти по пошуку раціональних профілів елементів конструкції пристрою, оптимальної конструкції несучих опорних та віджимних ланок пристрою з урахуванням питань технології їх виготовлення та зручності використання.

ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВУЗЛІВ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Шабалін О.Ю., Калінін П.М., Кириченко О.М.

Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Важливою складовою успішного виконання завдань, які покладені на Національну гвардію України, є справність, ефективність та надійність військової техніки, зокрема деталей та вузлів військової автомобільної техніки (ВАТ). В умовах ведення бойових дій успіх виконання поставлених завдань визначає постійна бойова готовність ВАТ, яка базується на науковому обґрунтуванні військово-технічних рішень при розробці, виробництві, експлуатації та зберіганні ВАТ.

Оцінку ефективності та надійності елементів ВАТ здійснюють з різною метою, зокрема, щодо обґрунтування доцільності і можливості її модернізації або необхідності технічного переоснащення існуючого парку техніки у структурних підрозділах. Традиційно таку оцінку здійснюють шляхом аналізу інтегральної функції, що опосередковано враховує часткові показники якості ВАТ. З цією метою у моделях багатокритеріального вибору найбільш часто використовують розгортки у складі вагових коефіцієнтів часткових показників якості та оцінки їх значення. Проте застосування такого підходу пов'язане з труднощами, які обумовлені складністю об'єктивного визначення вагових коефіцієнтів показників згортки, а тому такий метод хоча і є поширеним, але він малоефективний, бо нівелює особливості окремих показників якості і допускає взаємну компенсацію малих значень одних показників великими значеннями інших.

У роботі обговорюються методологічні засади побудови комплексної системи експертного оцінювання ефективності та надійності (СЕОЕН) вузлів ВАТ на базі методу допустимих множин з урахуванням можливостей сучасних ІТ-технологій.

Останнім часом в НАНГУ розробляється та удосконалюється науково-методичний апарат векторної багатокритеріальної оцінки ефективності зразків військової техніки, зокрема приводних редукторів ВАТ, як складної технічної системи, що включає зубчасті механізми, вали, опори, нарізні та шліцьові з'єднання тощо. Для побудови математичних моделей ефективності означених зразків ВАТ використовується власний програмний комплекс DM з експертних оцінок працездатності означених елементів приводних вузлів ВАТ. Важливими складовими пропонованої СЕОЕН є підсистеми раціональної організації технічної експлуатації та зберігання ВАТ, проведення регламентованих технічних обслуговувань та планових і відновлюваних ремонтів, побудова яких базується на обробці відомих статистик та відомих наукових дослідженнях.

Аналіз побудованих комплексних багатокритеріальних «таблиць ефективності» дозволяє оцінити ресурсні можливості досліджуваних об'єктів ВАТ, науково обґрунтувати оптимально-раціональні значення варійованих конструктивних та експлуатаційних параметрів ВАТ, що забезпечують достатню надійність, ефективність і високу бойову готовність.

Модульний принцип побудови запропонованої СЕОЕН дозволяє змінювати розмір «таблиць ефективності» та показники вектора якості, коригувати складові модулі СЕОЕН та підлаштовувати їх під конкретні задачі сьогодення.

РОЗВИТОК ТРАНСМІСІЙНОГО МАТРИЧНОГО АНАЛІЗУ ВВЕДЕННЯМ ТЕМПЕРАТУРНИХ МАТРИЦЬ

Шевцов В.М.

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

Для виконання усього спектру сільськогосподарських операцій по обробці ґрунту все більшу популярність набуває використання тракторів з безступінчастими трансмісіями. Серед переваг використання таких трансмісій безступінчасте регулювання швидкості руху та сили тяги на гаку в усьому робочому діапазоні трактора, що полегшує умови праці водія та підвищує ергономічні показники трактора при виконанні технологічних операцій; висока компактність і надійність при відносно невеликій масі і габаритних розмірах, що пояснюється застосуванням меншого числа валів, шестерень, муфт, гальмівних елементів та інших механічних елементів; можливість комплексного гальмування гід्रोоб'ємною передачею за рахунок зміни параметру регулювання гідромашини і штатною тормозної системи, що істотно підвищує ефективність і надійність гальмівної системи трактора; здійснення швидкого та симетричного реверсу для деяких схемних рішень ГОМТ; підвищення прохідності трактора шляхом безперервного потоку потужності та плавної зміни моменту; підвищує надійність роботи двигуна і механічної частини трансмісії завдяки демпфуючим властивостям робочої рідини гідрооб'ємної передачі; забезпечення більш ефективного агрегування трактора з сільськогосподарськими знаряддями шляхом забезпечення малих «повзучих» швидкостей трактора в процесі агрегування; зниження витрати пального та підвищення продуктивності праці. Одним з найважливіших показників роботи гідрооб'ємної передачі, що входить до складу гідрооб'ємно – механічної трансмісії, є температура робочої рідини. Зміна температури, як відомо, суттєво впливає на фізичні властивості робочої рідини, серед яких густина та в'язкість, які в свою чергу, впливають на техніко – економічні характеристики гідрооб'ємної передачі. Зважаючи на зазначену важливість розрахунків температурних режимів роботи гідрооб'ємних ланок безступінчастих гідрооб'ємно – механічних трансмісій, постає задача опису методики, яка б об'єднувала методику дослідження кінематичних та силових характеристик безступінчастих трансмісій та методику визначення температур робочої рідини. При описі методики використовувався універсальний автоматизований матричний метод кінематичного й силового аналізу ступінчастих механічних і гідрооб'ємно-механічних трансмісій довільного вигляду заснований на побудові кінематичних і силових матричних систем на основі базисних матриць, уведених для кожного базового елемента трансмісії. Із цих матриць блочно-модульним способом паралельно з побудовою структурної схеми трансмісії конструюється її повна матрична система, адекватна її кінематичній (або структурній) схемі, залежно від кількості і якості її базових елементів. Складена матрична модель описує кінематичні, силові та температурні характеристики безступінчастої гідрооб'ємно механічної трансмісії.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА СТРОКУ СЛУЖБИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТІ

Щокін В.М.¹, Володько В.Ю.¹, Астахов С.В.¹, Щербакова І.Ю.²

¹Факультет військової підготовки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»,

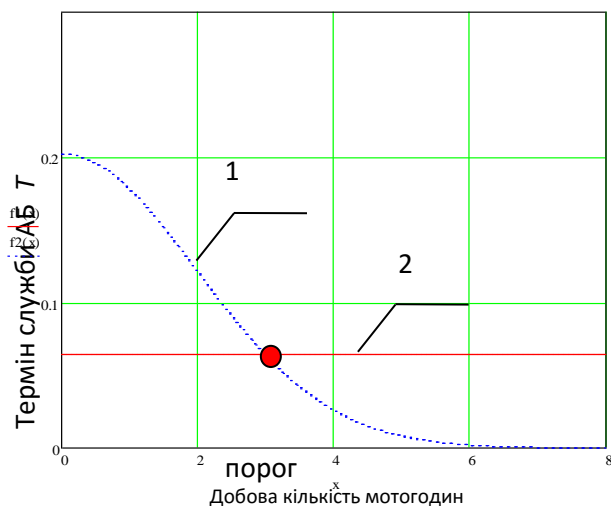
²Державна гімназія-інтернат з посиленою фізичною підготовкою «Кадетський корпус», м. Харків

Визначення терміну служби акумуляторної батареї пов'язано з певними труднощами. Номінальний термін служби батареї $T_{\text{ном}}$ залежить від кількості циклів “заряд - розряд” за умови, що кожного разу батарея розряджається до 20% її ємності. При чому, це значення є функцією від кількості мотогодин, відпрацьованих машиною.

Для встановлення залежності між кількістю можливих циклів та ступеню розрядженості акумуляторної батареї пропонується використовувати математичний апарат теорії ймовірності і вважати термін служби акумуляторної батареї T безперервною випадковою величиною.

Після обробки даних вибірки, яка була визнана репрезентативною з довірчою ймовірністю 95,1%, отримані такі результати:

Якби термін служби батареї не залежав би від глибини розряду, то величина T підкорялася б рівномірному закону розподілу (1). Якщо батарея розряджається неглибоко, кількість можливих циклів зростає у порівнянні з номінальним терміном служби. Ця залежність відповідає нормальному закону розподілу (2).



Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, якщо за умовами експлуатації добова кількість мотогодин значно менше за запас ходу машини, то для підвищення терміну експлуатації батарей доцільно використовувати акумуляторні батареї резервної групи. Визначення порогового значення графоаналітичним способом дозволить оптимізувати режим експлуатації акумуляторних батарей.

Література:

1. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей: навчальний посібник. – Харків: Гвардійський факультет військової підготовки імені верховної ради України національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 2014. – 210 с.

2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999.— 576 с.

THE RESULTS OF COMPLEX CRITERIAL FUEL AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF AUTOTRACTOR DIESEL ENGINE 2Ch10.5/12

Kondratenko O.M.

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

For performing of calculated assessment of ecological safety level of exploitation process of power plants with piston ICE and functioning efficiency of ecological safety management system of that process are necessary appropriate criteria [1, 2]. The most useful in number of known such criterion is prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria K_{FE} [3].

The results of calculated assessment of criteria K_{FE} values, which based on experimentally obtained data, for autotractor diesel engine 2Ch10.5/12, that operates on 13-modes standardized steady testing cycle (UNECE Regulation № 49) shows, that ratio between monetary equivalents of compensation of ecological damage costs Z_e , motor fuel costs Z_f and total fuel and ecological costs Z_{fe} are vary from mode to mode of testing cycle and reaches maximum on modes of minimal idling (modes № 1, 7, 13). Values of K_{FE} criteria without taking into account weight factor value WF reaches maximum on the mode of nominal power (mode № 8) and with taking into account WF value – on the mode of maximal torque (mode № 6). Exploitation of diesel engine 2Ch10.5/12 on loading characteristic with crankshaft speed of mode of maximal torque (modes № 2 – 6) by K_{FE} criteria value is less preferred, than its exploitation on loading characteristic with crankshaft speed of mode of nominal power (modes № 8 – 12). Exploitation of that diesel engine on modes with zero effective power (modes № 1, 7, 13) and also on modes with low effective power (modes № 2, 12) is characterized by extremely low fuel and ecological effectiveness. Middle exploitation value of K_{FE} criteria (e.i. with taking into account distribution of value WF by modes of testing cycle) is $43,989 \cdot 10^{-3}$, and middle value (e.i. in case of equality of value WF for all modes of model of diesel engine exploitation) is $41,204 \cdot 10^{-3}$.

References:

1. Vambol' S.O., Stokov O.P., Vambol' V.V., Kondratenko O.M. (2015), "Modern methods for improving the ecological safety of power plants exploitation" [Suchasni sposoby pidvyschenn'a ekologichnoi' bezpeky ekspluatacii' energetychnyh ustanovok], Kharkiv, Publ. "Stil'-Izdat", 212 p., Print, In Ukrainian. Access mode: http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Articles/vambol/VambolSO_StokovOP_VambolVV_KondratenkoOM_monograph_2015.pdf.
2. Kondratenko A.N. (2015), "Effectiveness evaluation concept of ecological safety management of power plants with piston ice exploitation process" [Konceptija ocenki effektivnosti upravlenija ekologicheskoy bezopasnost'ju processa ekspluatacii energeticheskikh ustanovok s porshnevym DVS], Internal Combustion Engines: sci. and techn. journal, Kharkiv, Publ. NTU "KhPI", № 2, pp. 68 – 72, Print, In Russian.
3. Parsadanov I.V. (2003), "Improving the quality and competitiveness of diesel fuel in an integrated and ecological criteria: monograph" [Pidvyshhennja jakosti i konkurentospromozhnosti dyzeliv na osnovi kompleksnogo palyvno-ekologichnogo kryteriju: monografija], Publ. NTU "KhPI", 244 p., Print, In Ukrainian.

СЕКЦІЯ 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОМУ, ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ МІКРОРАЙОНІВ

Алексахін О.О., Бобловський О.В., Безвесільна Д.С.

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Основними напрямками енергозбереження у житлово-комунальному секторі господарства України є додаткове утеплення огорожувальних конструкцій будівель, споруджених до введення сучасних нормативних вимог щодо рівня опору теплопередачі; встановлення засобів обліку споживання теплової енергії; зменшення втрат теплоти трубопроводами мережі при транспортуванні теплоносія; впровадження сучасних засобів автоматизації управління тепловими процесами.

На прикладах систем теплопостачання ряду житлових мікрорайонів проаналізовано вплив черговості утеплення будівель на величину теплових втрат теплопроводами. Показано, що в умовах обмеженості фінансових можливостей роботи з утеплення будівель мікрорайону необхідно розпочинати з найвіддаленіших від центрального теплового пункту споруд. У порівнянні з варіантом утеплення найближчих до центрального теплового пункту будівель при рівних капітальних вкладеннях в утеплення будівель це забезпечило б зменшення витрат на експлуатацію системи теплопостачання.

Система теплопостачання мікрорайонів, що склалася за останні десятиліття, передбачає встановлення підігрівників гарячого водопостачання на центральних теплових пунктах і чотиритрубну розподільну мережу теплопроводів. Перехід від традиційної чотиритрубною схеми організації теплопостачання мікрорайонів до двотрубною системи дозволило б додатково знизити втрати теплоти мікрорайонними теплопроводами приблизно на 15%. Вказаний перехід передбачає улаштування на індивідуальних теплових пунктах будівель підігрівних установок гарячого водопостачання. Використання сучасних засобів автоматизації при реконструкції індивідуальних теплових пунктів може додатково зекономити до 17% витрат теплоти на опалення і гаряче водопостачання будівель.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ПІДГРІВНИХ УСТАНОВОК ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРИ УТЕПЛЕННІ БУДІВЕЛЬ МІКРОРАЙОНУ

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*

Нанесення додаткової теплової ізоляції на конструкції зовнішніх огорожень будівель все ще залишається основним напрямком енергозбереження у сфері будівництва і експлуатації будівель і споруд. Товщину шару теплоізоляції визначають при цьому із умови забезпечення діючих нормативів щодо рівня опору теплопередачі огороження. За попередніми оцінками доведення фактичного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових будинків, споруджених за період з кінця 60-х років минулого сторіччя до початку поточного, до рівня сучасних нормативних вимог забезпечило б зниження витрат теплоти на опалення від 20% до 40% залежно від конструктивних особливостей будівлі. Зменшення подачі теплоти до системи опалення утепленої будівлі обумовлює також відповідне зменшення витрат теплоносія з мікрорайонних теплових мереж.

Вибір схеми приєднання і обчислення параметрів теплообмінних апаратів гарячого водопостачання здійснюють залежно від співвідношення максимальних витрат теплоти на гаряче водопостачання і опалення ($\rho = Q_{h,max} / Q_{o,max}$). При значеннях $0,3 \leq \rho \leq 0,6$ рекомендовано двоступінчасту послідовну схему приєднання теплообмінників до теплових мереж. При значеннях $0,6 \leq \rho \leq 1,0$ вигіднішою є двоступінчаста змішана схема. Зміна вказаного співвідношення теплових навантажень при утепленні будівель мікрорайону обумовлює вихід режимних параметрів теплообмінників гарячого водопостачання за межі оптимального діапазону і зменшення економії витрат мережної води, яку можна було б досягти завдяки утепленню будівель. Змінювати схему приєднання підігрівників має сенс при завершенні процесу утеплення мікрорайону в цілому, тривалість цього перехідного періоду необхідно враховувати при визначенні показників ефективності заходів з енергозбереження.

У роботі наведено результати обчислень зміни витрат мережної води через підігрівники гарячого водопостачання при зменшенні розрахункового опалювального навантаження внаслідок утеплення будівель мікрорайону. Погіршення ефекту економії витрат гріючого теплоносія може досягати приблизно 30% величини економії витрат теплоносія на опалення, характерної для незв'язаної подачі теплоти.

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ РАСЧЁТОВ НА ИТОГОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА И ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Алтухова О. В., Каневец Г. Е.

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

Исследовалось влияние погрешностей расчёта, допущенных на этапе расчёта коэффициента теплопередачи k (тепловой расчёт) и падений давления в теплообменнике по обеим средам ΔP_O и ΔP_B (гидравлический расчёт), на конечные результаты расчёта теплообменника и его оптимизации. В табл. 1 приведены степени зависимости конечной погрешности расчёта от изначально допущенной погрешности. Фактически эти значения представляют собой процент погрешности расчёта указанной величины при допущении погрешности в 1% при расчёте k , ΔP_O или ΔP_B .

Таблица – Влияние погрешности отдельных расчётов на итоговые результаты

Итоговые результаты расчёта и оптимизации	Степень влияния при корректировке					
	для маслоохладителя			для теплообменника системы отопления		
	k	ΔP_O	ΔP_B	k	ΔP_O	ΔP_B
Приведенные затраты, З	-2,2459	0,1401	0,0096	-1,3517	0,0012	0,0068
Капитальные вложения, К	-3,0277	0,083	0,0056	-1,8959	0,0007	0,0037
Эксплуатационные расходы, Э	-1,5875	0,1839	0,0127	-0,8774	0,0018	0,0097
Поверхность теплообмена, F	-1,8944	0	0	-1,7462	0	0
Скорость среды О, w_O	-0,4881	-0,8087	-0,0259	-0,3222	-0,25	0,25
Скорость среды В, w_B	0,0165	-0,3503	-0,5624	-0,155	0,125	-0,125
Конечная температура охлаждающей воды, t_{BK}	0,2232	0,0169	0	–	–	–

Из приведенных в таблице результатов можно сделать вывод, что точность гидравлического расчёта влияет на точность основных его результатов в значительно меньшей степени, чем точность теплового расчёта. Следовательно, при уточнении модели расчёта теплообменника следует уделить основное внимание именно тепловым расчётам. Кроме того, конечная погрешность расчёта значительно больше для маслоохладителей, что, вероятно, связано со значительным влиянием изменения температуры на теплофизические характеристики масла. Поэтому для расчёта этого вида оборудования стоит применять более точные модели.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ СРЕД В ПЛАСТИНАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ

Алтухова О. В., Каневец Г. Е.

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

Проектирование любого теплообменника начинается с задания скоростей теплоносителей, которые выбираются в определенных диапазонах. Это же касается и изначального выбора диапазона перебираемых скоростей при проведении оптимизации. Такие диапазоны рекомендованы многочисленной литературой и устанавливаются в пределах до 1 м/с для невязких жидкостей (например, воды) и несколько меньшей – до 0,4 м/с – для вязких (например, масел). Однако не ясно, насколько актуальны такие оптимальные скорости с учётом изменившихся цен на материалы и энергоносители. Со времени, когда были сформулированы эти рекомендации, соотношения цен металла и энергии на перекачку теплоносителей поменялись, поэтому существует необходимость уточнения оптимальных скоростей теплоносителей.

В ходе проведения оптимизационного вычислительного эксперимента для маслоохладителей турбин и теплофикационных теплообменников было установлено, что оптимальная скорость воды при нынешнем уровне цен примерно 0,2 м/с и изменяется в диапазоне 0,01÷0,5 м/с, масла – 0,35 м/с (0,1÷0,65 м/с).

Интересен тот факт, что оптимальная скорость масла выходит большей, чем оптимальная скорость воды. В литературе она устанавливается меньшей в связи с тем, что вязкость масла значительно больше вязкости воды, поэтому на его перекачку требуются большие энергозатраты. Изменившееся соотношение капитальных и эксплуатационных расходов при нынешних ценах требует снижения скорости теплоносителей, что видно на примере воды. Но, как показывает эксперимент, снижения оптимальной скорости масла пропорционально снижению скорости воды не происходит. Это обусловлено всё той же повышенной вязкостью этой среды. Маслоохладитель работает в турбулентном режиме по стороне воды и в ламинарном – по стороне масла. Поэтому при пропорциональном снижении скоростей теплоносителей коэффициент теплоотдачи по стороне масла падает быстрее, чем по стороне воды. Обобщив полученные данные для воды можно получить следующую зависимость оптимальной скорости её (в м/с) от цен на металл и электроэнергию:

$$w_{opt} = 8,19 \cdot 10^{-2} \cdot (C_{мет} / C_{э/э})^{0,2},$$

где $C_{мет}$ – цена материала пластин, у.е./кг; $C_{э/э}$ – цена электроэнергии, у.е./кВтч.

Полученные результаты позволяют определить оптимальную скорость теплоносителя при ручном расчёте или начальную скорость для проведения оптимизации; полученное соотношение для оптимальной скорости воды можно также использовать для оценки оптимальных скоростей сред при использовании для производства теплообменников дорогостоящих металлов.

МЕТОД ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ В СТУПЕНИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

Барышева Е.С.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Процесс проектирования лопаточных машин представляет собой сложный цикл работ, начинающийся с одномерного расчета по средней линии и заканчивающийся численным моделированием вязкого пространственного течения. Для этого традиционно используется широкий спектр программных продуктов коммерческой (например, CONCEPT NREG) или собственной разработки.

Необходимым этапом такого процесса является эскизное газодинамическое проектирование лопаточных машин, основывающееся на решении одномерных задач и позволяющее определять предварительные характеристики машины, распределения параметров потока по тракту и т. д. Такие методы расчета по среднemasсовым параметрам позволяют добиться ускорения и повышения эффективности процесса проектирования.

Особое место одномерных подходов определяется использованием многолетнего опыта разработчика при их создании, что ограничивает распространение этих методов и публикации в открытой литературе. В докладе представлен разработанный в Национальном аэрокосмическом университете «ХАИ» метод поверочного расчета газодинамических параметров течения в центробежной компрессорной ступени с осерадиальным рабочим колесом по среднemasсовым параметрам. Его особенностью является учет геометрии лопаточных венцов и проточной части вдоль межлопаточных каналов.

Данный метод позволяет получать суммарные характеристики ступени и отдельных ее элементов, а также проводить параметрические исследования по влиянию различных геометрических параметров и режимных факторов на характеристики.

Представленный метод расчета может быть использован на ранних этапах процесса проектирования и доводки центробежных компрессорных ступеней, для анализа течения и выбора рациональных значений геометрии лопаток и проточных частей.

В докладе приведены основные положения разработанного метода, особенности учета реальных свойств течения и определение геометрических параметров межлопаточных каналов осерадиального рабочего колеса и лопаточного диффузора. Также представлены некоторые результаты его верификации и применения соответствующей программы для оценки влияния изменения геометрических параметров рабочего колеса на суммарные характеристики центробежной ступени.

АНАЛИЗ ДО- И ТРАНСЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В ОСЕВОМ МНОГОСТУПЕНЧАТОМ КОМПРЕССОРЕ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА AxSym

Бойко Л.Г., Дёмин А.Е.

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

Необходимость выполнения поверочных газодинамических расчетов течения в многоступенчатом осевом компрессоре возникает на всех стадиях жизненного цикла двигателя: в процессе проектирования, доводки и эксплуатации. Эти расчеты позволяют определить суммарные характеристики и структуру течения в компрессоре, а также анализировать согласованность работы ступеней. Для решения такой задачи могут использоваться методы различного уровня сложности: от методов анализа потока по среднemasсовым параметрам до методов исследования вязкого пространственного течения. Обычно наибольший объем расчетных работ при проектировании приходится на 2D подходы, которые имеют достаточные для практики быстродействие и точность. Особый интерес представляют режимы работы двигателя на пониженных частотах вращения, которые сопровождаются перепуском воздуха из проточной части компрессора. Для анализа работы ГТД на таких режимах необходимы численные методы, позволяющие учитывать перепуск воздуха из проточной части и связанные с этим потери.

В проблемной научно-исследовательской лаборатории газотурбинных двигателей и установок кафедры теории авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского "ХАИ" разработан комплекс программ AxSym, позволяющий анализировать в 2D постановке структуру до- и трансзвукового течения и суммарные характеристики многоступенчатых осевых компрессоров газотурбинных двигателей с учётом отбора (перепуска) воздуха из проточной части и широко используемый для решения практических задач. В докладе приведены результаты численного моделирования с помощью ПК AxSym течения в многоступенчатом осевом компрессоре низкого давления современного газотурбинного двигателя в широком диапазоне режимов по частоте вращения и расходу в сопоставлении с экспериментальными данными. Исследованы особенности течения в компрессоре на пониженных режимах работы, проведена оценка запасов газодинамической устойчивости (ГДУ). Показано, что при открытии клапанов перепуска происходит увеличение запасов ГДУ, при весьма существенном снижении КПД компрессора и ГТД в целом, представлены количественные оценки. Полученные данные позволяют прогнозировать необходимое количество перепускаемого воздуха для обеспечения заданного запаса газодинамической устойчивости компрессора на низких частотах вращения ротора. Показано, что при работе ГТД на пониженных режимах целесообразно плавное изменение расхода перепускаемого воздуха в зависимости от частоты вращения, а также показана возможность минимизации снижения КПД двигателя при открытии клапанов перепуска.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТУПЕНИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА С ПРОСТРАНСТВЕННОЙ (КОНИЧЕСКОЙ) ФОРМОЙ ЛОПАТОК РАДИАЛЬНОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА

Бойко Л.Г., Фесенко К.В.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Модернизация центробежных компрессоров (ЦБК) направлена, прежде всего, на повышение их КПД, увеличение напора, а также расширение зоны рабочих режимов. Использование численного моделирования течения в ступенях ЦБК позволяет сократить усилия, средства и время, затрачиваемые на проектирование. При этом большую роль играют многовариантные расчеты, включающие анализ влияния изменения геометрических параметров на газодинамические характеристики ступени и позволяющие определить направление совершенствования её конструкции для повышения эффективности.

В предлагаемой работе для проведения вариантных исследований использован метод поверочного расчета, разработанный в проблемной научно-исследовательской лаборатории газотурбинных двигателей и установок кафедры Теории авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», позволяющий определять структуру осесимметричного течения и суммарные характеристики ступени центробежного компрессора. В его основе лежит решение системы уравнений движения невязкого нетеплопроводного сжимаемого газа, дополненное учетом проявления вязких эффектов на основании обобщенных полуэмпирических зависимостей.

Выполнен расчет структуры течения и определены суммарные характеристики в трех ступенях центробежных компрессоров одного модельного ряда с пространственной (конической) формой лопаток рабочих колес, отличающихся выходным диаметром рабочего колеса, на основе общей математической модели. Результаты расчета с удовлетворительной точностью согласуются с опытными данными.

Проведено исследование течения в центробежной модельной ступени, имеющей радиальное рабочее колесо и безлопаточный диффузор. С использованием полученной математической модели осуществлена модернизация ступени, направленная на повышение параметров путем установки лопаточного диффузора. Выполнено сопоставление суммарных характеристик исходной и модернизированной ступеней.

Одним из путей совершенствования параметров ступени ЦБК является модернизация формы лопаток рабочего колеса, для чего исследовано течение в ступени ЦБК, имеющей одинаковые геометрические параметры и отличающиеся формой лопаток рабочего колеса. Показано, что замена цилиндрических лопаток коническими (пространственными) привела к увеличению напорности ступени.

ВОПРОСЫ ПЕРЕВОДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА НА СЖИГАНИЕ ДОМЕННОГО ГАЗА

Газдюк Н.В., Угольников С.В., Тарасенко А.Н.

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

Уменьшение топливной составляющей в себестоимости продукции важнейший вопрос развития металлургии. Его решение происходит двумя путями -- совершенствованием технологических процессов и наиболее полным использованием имеющихся энергетических ресурсов, в том числе вторичных. В основном технологическом процессе металлургических предприятий полного цикла генерируется большое количество горючих газов, полномасштабное использование которых позволяет существенно снизить потребление внешних энергоресурсов.

Рассматриваются вопросы, связанные с переводом энергетического котла производительностью 220 тонн пара в час производственной ТЭЦ металлургического завода, работающего на смеси природного и доменного газов (50/50), на работу только на доменном газе. Дополнительной задачей является снижение температуры уходящих газов, которая в настоящее время достигает уровня до 200 °С.

Для двух видов топливоснабжения выполнены расчет горения топлива и тепловой расчет котла. На основе сравнение полученных результатов предложены технические мероприятия способствующие эффективному переводу котла на доменный газ.

При сохранении тепловой мощности котла потребуется в 7,8 раз больший расход доменного газа по сравнению с природным, при этом потребность в воздухе горения снизится на 11%. Выход продуктов сгорания возрастает на 17%, а температура газов в топке понижается на 140°С до уровня 1685°С.

Распределение температуры в газоходах за топкой практически не изменяется. Температура уходящих газов незначительно повышается (до 215°С) за счет снижения тепловой нагрузки воздухоподогревателей. Предлагается для достижения требуемого уровня температуры продуктов сгорания на выходе котла (140°С) разместить в имеющемся газоходе теплообменник для предварительного нагрева топлива. Эффективность такого мероприятия объясняется практически одинаковым расходом доменного газа и воздуха. Нагрев газа может быть осуществлен на 120°, что приводит к снижению расхода топлива примерно на 2,85%.

При переводе котла полностью на доменный газ не требуется увеличивать мощность вентилятора. Необходимо оценить запас производительности дымососа, поскольку увеличивается объем продуктов сгорания и увеличивается аэродинамическое сопротивление газохода в связи с размещением в нем дополнительного теплообменника. Требуется, также, оценить расходные характеристики горелок

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ДОМЕННИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ

Ганжа А. М., Засць О.М.

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

Енергозберігаючим заходом, націленим на скорочення частки коксового газу в паливній суміші доменних повітрянагрівачів, є застосування системи утилізації для підігріву їх компонентів горіння за рахунок скидної теплоти димових газів.

Розглянуто дві конфігурації системи утилізації. В обох випадках використані двосекційні рекуперативні теплообмінники з протиточною перехресною схемою руху теплоносіїв. В першому випадку розглянуто повітрянагрівач для підігріву повітря горіння, в другому – пара повітрянагрівачів, призначених для підігріву і повітря горіння, і палива (доменного газу, збагаченого коксовим).

Початкова температура повітря горіння складала 3 °С та 33 °С у літній та зимовий періоди відповідно. Початкова температура палива – 50 °С, обумовлена технологією. Розрахунок рекуператорів проводився за авторською методикою за допомогою програмного комплексу.

Заздалегідь було визначено, що досягнення проектної температури під куполами повітрянагрівачів без підігріву компонентів горіння можливе при застосуванні палива з часткою коксового газу 16 %.

В результаті розрахунків виявили, що завдяки підігріву лише повітря горіння частку коксового газу можна скоротити до 10 %, а завдяки одночасному підігріву повітря і палива частку коксового газу можна скоротити до 7 %.

При цьому була розрахована рекуперована теплота кожним з теплообмінників у літній та зимовий період.

ККД системи визначався за формулою:

$$ККД = \frac{Q_{РЕК}}{Q_{Д} + Q_{ПОВ} + Q_{ПАЛ}}, \quad (1)$$

де $Q_{РЕК}$ – рекуперована теплота, кДж/с;

$Q_{Д}$ – теплота димових газів, що відходять після повітрянагрівача, кДж/с;

$Q_{ПОВ}$, $Q_{ПАЛ}$ – теплота, що вноситься з холодними повітрям та паливом, кДж/с. Остання складова відсутня при підігріві лише повітря.

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ВСІХ ЕТАПАХ ВІД ДЖЕРЕЛА ДО СПОЖИВАЧА

Ганжа А.М., Підкопай В.М., Темченко І.М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

За останні роки, тема енергозбереження набула високої актуальності, тому підвищення енергоефективності стало головною задачею та пріоритетом у розвитку енергетики. Досліджуючи стан систем теплопостачання можна виявити багато недоліків: застаріле обладнання, невідповідність технічної документації наявним умовам і т. д. Зазвичай рішення проблем локальними методами не дає задовільного результату, тому комплексне рішення є єдиним ефективним засобом покращення ситуації. Задачею теплопостачання є повне та безпечно забезпечення теплом споживачів, тому оптимізаційні моделі з реконструкції та ремонтним роботам системи, повинні в повній мірі бути виконані на всьому етапі від джерела енергії до споживача. Хоча, енергоефективність джерел теплової енергії та теплових мереж сильно залежить від зовнішніх факторів, таких як: вартість нового обладнання, термін експлуатації та окупності – модернізація надає неабияку економію палива та привабливість для підключення нових споживачів. Оптимізація енергозатрат необхідна в системі довгострокового планування питань з енергоефективності.

Проведення енергоаудиту, перевірка режимів регулювання теплового навантаження, використання нових методів розрахунку теплових втрат з врахуванням факторів експлуатації, прийняття нових, уточнених нормативів є початковим етапом у вирішенні проблеми – підвищення ефективності систем теплопостачання, який стане вагомим фундаментом для їх подальшого удосконалення.

За допомогою розроблених методів та засобів системного математичного аналізу, можна запропонувати всебічний аналіз для вибору кращого варіанту з підвищення якості та надійності теплопостачання.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИХРЕВОГО ЖГУТА НА ПУЛЬСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ В ГИДРОТУРБИНАХ

Гришин А.М.

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

Одной из наиболее распространенных причин поломки оборудования или снижения его долговечности являются жгутовые пульсации давления. Вращаясь вокруг оси турбины, вихревой жгут, при наличии эксцентриситета, индуцирует на стенках отсасывающей трубы переменные во времени скорости. Двойной относительный размах пульсаций давления за один оборот жгута при этом равен разности динамических напоров, вычисленных по максимальной и минимальной абсолютной скорости. Направление вращения жгута зависит от знака его циркуляции. При положительной циркуляции жгут вращается в сторону вращения рабочего колеса, а при отрицательной – в противоположном направлении. Частота вращения жгута зависит от его геометрии (эксцентриситета, угла подъема винтовой линии) и взаимодействия с невозмущенным окружающим потоком в отсасывающей трубе.

В сечении за лопастями рабочего колеса поток является двухсвязным, поскольку ограничен двумя контурами, внешним – отсасывающей трубой и внутренним – обтекателем. Если циркуляция по внутреннему контуру равна нулю, то, при движении вдоль оси турбины, внутренний контур стягивается в точку и поток становится односвязным. Если циркуляция по внутреннему контуру отлична от нуля, он не может стянуться в точку из-за возрастания окружной составляющей потока, поэтому поток остается двухсвязным на всем протяжении отсасывающей трубы. Внутренней границей такого потока является ядро возникшего вихревого жгута с циркуляцией равной циркуляции у корневых сечений лопасти.

Поскольку вихрю принадлежат одни и те же частицы жидкости, он ведет себя как инородное тело. При потере устойчивости он попадает в зону невозмущенного потока и обтекается им. При равных по величине, но противоположных по знаку циркуляциях вихря его эксцентриситет больше в случае совпадения циркуляций вихря и окружающего потока.

Уменьшение расхода приводит к увеличению положительной циркуляции вихревого жгута, увеличению эксцентриситета и уровня пульсаций давления. Одновременно происходит увеличение диаметра ядра, что затем, в свою очередь, приводит к уменьшению эксцентриситета за счет вытеснения вихрем области расходного невозмущенного потока. Максимальные эксцентриситет вихревого жгута и пульсации давления наблюдаются на режимах частичной (40-60%) нагрузки.

За оптимальным режимом, вихревой жгут имеет отрицательную циркуляцию и вращается в сторону, противоположную вращению рабочего колеса. При отмеченных режимах циркуляция на выходе также увеличивается с увеличением расхода и также наблюдается рост ядра жгута, хотя и менее интенсивный, чем при режимах с частичными нагрузками.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ НА ПАРАМЕТРЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Даценко В. А.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Газотурбинные двигатели (ГТД) в связи с широкой сферой их применения, работают в различных климатических условиях. Поэтому при проектировании нужно учитывать изменение параметров рабочего тела на входе в ГТД. Одним из таких параметров является влажность воздуха.

В качестве объекта исследования спроектирован приводной ГТД с двухвальным газогенератором и свободной турбиной.

Для учета влияния влажности воздуха на входе в двигатель необходимо провести моделирование его газодинамических параметров и эксплуатационных характеристик при условии работы: сначала при сухом, а потом при влажном воздухе на входе.

Для моделирования процессов ГТД использован повенцовый подход к описанию газотермодинамических параметров в многоступенчатых компрессорах высокого и низкого давления.

Для этого выполнено профилирование по среднему радиусу компрессоров с определением основных геометрических параметров проточной части и профилей лопаток.

Расчет характеристик компрессоров высокого и низкого давления необходимо выполнить с помощью специальной методики, разработанной на кафедре теории авиационных двигателей.

Моделирование эксплуатационных характеристик спроектированного ГТД при работе в условиях сухого и влажного воздуха провести с помощью метода расчета, опирающегося на повенцовое описание многоступенчатого компрессора.

На основе данных расчетов сделаны следующие количественные оценки влияния влажности воздуха на входе на работу приводного ГТД:

- при увеличении влагосодержания до 0,04 напорные ветви на характеристиках компрессоров смещаются в сторону меньших расходов. При этом на расчетном режиме степень повышения давления компрессора низкого давления падает на 14,1%, а КПД возрастает на 1,55%; для компрессора высокого давления степень повышения давления падает на 15,2%, а КПД возрастает на 1,6% соответственно.

- основные параметры ГТД на расчетном режиме изменяются следующим образом: мощность N_e уменьшилась на 4,02%; удельный расход топлива C_e вырос на 2,93%; КПД уменьшился на 2,83%.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУППЫ ВОЗДУХОДУВНЫХ АГРЕГАТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ДУТЬЯ В ДОМЕННЫЕ ПЕЧИ

Дегтярёв О.Д.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

В данной работе рассмотрены вопросы, возникающие на предприятиях металлургии страны при плановой замене воздуходувных агрегатов. С учетом того, что затраты на доменное дутье составляют до 30% стоимости передела чугуна, данная задача является весьма важной для отрасли. В процессе замены возникает ряд сложностей, связанных с выбором подходящего агрегата. Это связано с отличием характеристик новых компрессоров и старых, которые выработали свой ресурс и сняты с производства и затратами на переделку системы подачи воздуха.

В работе проанализирована возможность замены 4-х компрессоров на новые воздуходувные агрегаты, имеющие отличающиеся характеристики, работающие на сеть из нескольких доменных печей. При этом следует учитывать необходимость обеспечения воздухом, с заданными параметрами давления и расхода, старую систему подачи воздуха к печам.

Рабочая зона характеристик системы из новых 4-х компрессоров должна обеспечивать устойчивую работу в пределах 60-100% диапазона изменения их производительности и политропный к.п.д. в пределах рабочей зоны 0,83-0,85.

В качестве задания рассмотрена замена 4-х компрессоров К 3000 на 4 компрессора К 5500. Кроме необходимости изменения режимов работы приводов для компрессоров отмечается, что фактические, без разрывов по расходу воздуха, режимы работы подключенных к сети от 1 до 4-х компрессоров К 3000 и К 5500 лежат в диапазонах:

При $P_k = 0,4$ МПа диапазон Q м³

Кол-во компрессоров	1	2	3	4
К 3000	2900-3850	5800-7700	8700-11550	11600-15400
К 5500	3250-4250	6500-8500	9750-12750	13000-17000

При $P_k = 0,6$ МПа диапазон Q м³

Кол-во компрессоров	1	2	3	4
К 3000	2600-3750	5200-7500	7800-11250	10400-15000
К 5000	3700-4200	7400-8400	11100-12600	14800-16800

Таким образом, представленные в таблице компрессоры не являются полностью взаимозаменяемыми ввиду разных характеристик. При использовании К 3000 возможно плавное регулирование путем подключения или отключения компрессоров и комбинацией режимов их работы, а при использовании К 5500 при тех же расходах существуют "мертвые зоны", где регулирование не возможно, без постановки автоматического сбрасывающего клапана из совместного коллектора с обеспечением регулировки расхода воздуха через него.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВПРЫСКА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА В ВЕРТОЛЕТНЫЙ ГТД

Дегтярёв О.Д., Иващенко М.Ю.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Украинский государственный университет железнодорожного
транспорта, г. Харьков*

При эксплуатации авиационных турбовальных двигателей на высотных аэродромах возникает ряд проблем. Одна из них – трудности запуска двигателя на аэродромах при высоких температурах воздуха из-за недостатка массового расхода воздуха и кислорода. Вторая – значительное уменьшение взлетной мощности двигателя из-за чего полезная нагрузка вертолета уменьшается.

Для уменьшения влияния этих факторов и обеспечения стабильности запуска двигателей в высотных условиях предложено организовывать впрыск перекиси водорода H_2O_2 в камеру сгорания газотурбинного двигателя. Проведены расчеты необходимого количества перекиси водорода для реализации задачи повышения взлетной мощности двигателя. Определены итоговые его параметры.

При хранении перекиси водорода для предотвращения ее разложения можно применять отрицательные катализаторы – стабилизаторы. В качестве одного из таких на 30 литров перекиси достаточно 1 гр мочевиной кислоты. В качестве катализатора реакции разложения может выступать железо.

Положительным фактором разложения перекиси водорода является экзотермичность реакции. Например, при разложении 80 % раствора перекиси водорода образуется парогаз с температурой 450-500 °С. В таблице представлены зависимости количества перекиси водорода для достижения необходимой мощности при различных взлетных высотах.

Высота взлета (км)	Мощность двигателя без впрыска перекиси	Потребная взлетная мощность с $m_{взл} \max$	Количество H_2O_2 для достижения мощности равной взлетной	Количество H_2O_2 для обеспечения потребной взлетной мощности (кг/с)
0	1618	1618	0	0
2	1380	1810	0,690	1,300
3	1290	1900	1,10	2,000
4	1200	1980	1,500	2,800

Таким образом, разложение перекиси водорода на воду и кислород позволяет значительно увеличить теплоемкость газовой смеси после камеры сгорания, а наличие кислорода позволяет стабилизировать горение. Впрыск H_2O_2 увеличивает расход смеси через турбину. Все это в сумме позволяет увеличить мощность двигателя, что учтено в математической модели, разработанной в ХАИ. Регулирование расхода перекиси позволяет варьировать мощность на этапе разгона вертолета до скорости, при которой развиваемая мощность без впрыска будет достаточной ввиду сильного уменьшения потребной мощности для вертолета при увеличении скорости полета.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛНОВОДОВ С ИНТЕРНАЛЬНЫМИ ДИССЕКТОРАМИ В ПРОЦЕССЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ АДСОРБЕНТОВ ПРИ ПОМОЩИ ЭНЕРГИИ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Добротворский С.С., Добровольская Л.Г., Алексенко Б.А.

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

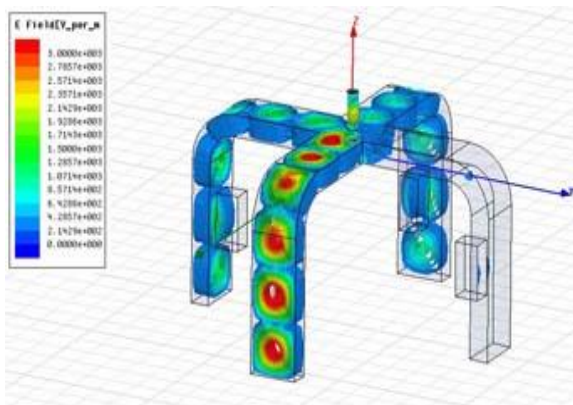


Рис. 1.

Современные тенденции развития технологических процессов термообработки и, в том числе, осушки материалов направлены на использование в качестве источника тепла энергии микроволнового излучения. Основной задачей конструкторов является улучшение эффективности работы микроволнового нагревателя за счет повышения равномерности распределения микроволновой энергии внутри камеры нагрева, увеличение коэффициента полезного действия и стабилизация

режима тепловой обработки обрабатываемых материалов. Существует много устройств, реализующих селекцию мод по времени. Настоящее исследование посвящено изучению влияния на распространение СВЧ энергии в объеме адсорбента интернального диссектора и конфигурации возбуждающего волноводного тракта. Оптимизированные модели волноводов (см. рис. 1.) служат базой для исследования влияния размещенного в волноводе интернального диссектора с пошаговым моделированием распределения мощности между портами волновода в зависимости от положения диссектора.

Картины распределения напряженности электромагнитного поля в плечах волновода коррелируют с графиками распределения мощности по портам каждого из четырех плеч волновода (см. рис. 2.) и потерь энергии (см. рис. 3.).

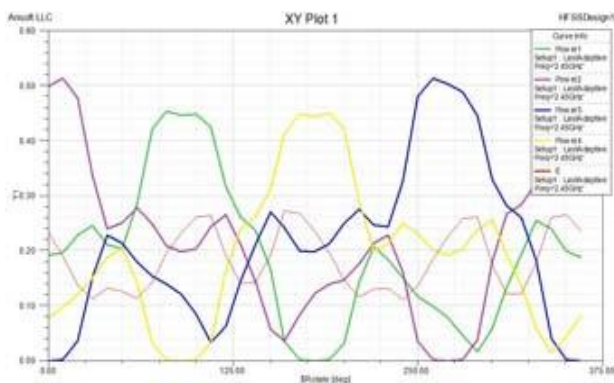


Рис. 2.

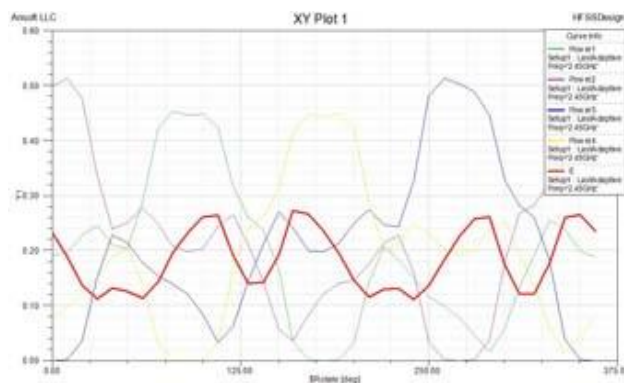


Рис. 3.

В целом проведенные исследования показали возможность и целесообразность применения Х-образных волноводов с возбуждением от возбуждающего волновода или коаксиального кабеля при постройке адсорбционных колонн с СВЧ-регенерацией адсорбента, а также применимость интернального диссектора для создания в полости колонны бегущей волны различной интенсивности СВЧ-излучения электрического поля с целью повышения равномерности распределения энергии СВЧ-излучения в объеме адсорбционной колонны в процессе регенерации промышленных адсорбентов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАТИМЫХ ГИДРОМАШИН НА ОСНОВЕ ОСРЕДНЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Дранковский В.Э., Резвая К.С., Тыньянова И.И., Ковшов Д.Н.

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

Совершенствование энергетических характеристик обратимой гидромашинны выдвигает задачу более глубокого исследования гидродинамических характеристик ее проточной части. Величины энергетических параметров (КПД, мощность) в значительной мере обусловлены изменением гидродинамических характеристик гидромашинны.

На начальных этапах проектирования, а также для выявления общих закономерностей рабочего процесса обратимой гидромашинны целесообразно использовать осредненные гидродинамические характеристики.

Осредненные гидродинамические характеристики описывают общие кинематические и энергетические свойства лопастной системы как единой пространственной решетки. Они выражают общие закономерности обтекания и силового взаимодействия пространственных решеток. Описание гидродинамических характеристик лопастных систем базируется на использовании безразмерных параметров, характеризующих поток в характерных сечениях проточной части. В качестве характерных сечений приняты: сечение на выходе из направляющего аппарата, на входе в рабочее колесо, на выходе из рабочего колеса, на входе в отсасывающую трубу.

Одним из вариантов нахождения гидродинамических характеристик обратимой гидромашинны – использование безразмерных комплексов: k_{MG}^* , k_{NG}^* , k_{HT}^* , k_{hT}^* соответственно коэффициенты гидравлического момента, мощности, теоретического напора и потерь.

Преимущество указанной системы безразмерных комплексов – возможность их использования, как в турбинном, так и в насосном режиме. Это является актуальным как для представления, так и для анализа энергетических характеристик обратимых гидромашин.

Описание рабочего процесса осредненными параметрами может быть использовано для решения следующих задач: прогнозирование и анализ энергетических характеристик обратимой гидромашинны; численное моделирование влияния геометрических параметров на энергетические характеристики и гидродинамические характеристики элементов проточной части; оптимизация режимных и геометрических параметров проточной части обратимой гидромашинны.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТЕЧЕНИЯ В РАБОЧИХ КОЛЕСАХ РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ ОБРАТИМЫХ ГИДРОМАШИН В НАСОСНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Дранковский В.Э., Хавренко М.Ю.

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

Тенденция зарубежного опыта гидромашиностроения показывает что доля высоконапорных ГАЭС увеличивается. Эта тенденция обусловлена экономическими соображениями, т.к. при одинаковых мощностях, вес высоконапорной насос-турбины меньше, примерно в 1,5 раза, чем у низконапорной, а вес всего агрегата уменьшается примерно в 1,3 раза. При этом существенно уменьшаются площади водохранилища, что снижает затраты на строительство станции. Поэтому, данная тенденция является перспективной, в связи с чем возникает необходимость разработки нового и совершенствования существующего оборудования для высоконапорных ГАЭС.

В данном докладе осуществляется анализ рабочего процесса в рабочих колесах высоконапорных обратимых гидромашин на напоры 300, 500 и 700 метров в насосном режиме работы методом пространственного расчета потока вязкой жидкости с помощью программного комплекса OpenFOAM. Построены 3D модели рабочих колес на соответствующие напоры. По разнице давлений на выходе и входе из рабочего колеса определялся напор, находился крутящий момент и гидравлический КПД рабочего колеса. В ходе исследования были определены давления и скорости в проточной части рабочих колес и представлены в работе в графическом виде. Получены напорная и энергетическая характеристики рабочего колеса от расхода. Расчеты проведены для 5 значений подач в насосном режиме и выполнялись для расчетной области, охватывающей проточную часть всего рабочего колеса. В ходе численного исследования найдены углы потока на выходе с рабочего колеса β_2 и α_2 . Определены относительные скорости w_1 и w_2 , которые характеризуют характер движение жидкости по каналу рабочего колеса. Анализ результатов, полученных при проведении численных расчетов в рабочих колесах радиально-осевой обратимой гидромашин, наглядно показывает особенности течения и позволяет определить характер распределения скорости, давления, углов потока, создаваемых лопастями рабочего колеса, обеспечивая их целенаправленную модификацию.

ЕНЕРГЕТИКА І РОЗВИТОК ЦИВІЛІЗАЦІЇ
Єфімов О.В., Тютюник Л.І., Іванова Л.А., Касілов В.Й.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Кожен історичний етап розвитку науки та техніки ставить перед вченими та інженерами велику кількість питань. Проте із них можна виділити лише декілька фундаментальних, без рішення яких неможливо подальший розвиток цивілізації, покращення життєвого рівня людства. З цієї точки зору однією головною проблемою сьогодні та в найближчий час є забезпечення достатньої кількості енергії. Проблема ця дуже гостра, так як має не тільки суто технічний характер. Слово «енергія» кожен день виголошується з екранів телевізорів, майоріє на сторінках журналів та газет, не кажучи вже о спеціальних виданнях. Енергетична ситуація в окремих державах суттєво впливає на життєвий рівень та культуру населення, дається в знаки на внутрішній та зовнішній політиці. Країни з нестатком енергетичних ресурсів прикладають всі зусилля, для того щоб забезпечити себе самим необхідним джерелом енергії. Країни-експортери нафти, нафтові монополії отримують великі прибутки та надприбутки. З іншої сторони, в тиші кабінетів виношуються політичні та воєнні плани переділу та збереження нафтових та газових промислів. Поняття «нафтове ембарго», ще не так давно невідоме, викликає паніку в цілому ряді країн та стає зброєю економічного та політичного шантажу. Частіше виникають питання: «Як жити далі тез нафти та газу, чим опалювати житло та виробничі помешкання, як призводити в рух машини та агрегати, як підтримувати технологічні процеси? Звідки брати енергію, кожен день все більше енергії?»

Проте, із всіх загальних властивостей енергії полягає у тому, що вона є основною мірою руху матерії. Іншими словами, тепла енергія пов'язана з швидким, хаотичним рухом атомів та молекул, електричний струм уявляє собою рух електронів, механічна енергія – енергію рухомого тіла. Таким чином, енергія пов'язана з матерією та речовиною.

Виникає питання: «Якщо енергія складає властивість всякої матерії, а матерії завжди достатньо, чому ж світ бореться з недостатньою кількістю енергії?». Відповідь проста: «Теорія підкріплюється практикою лише тоді, коли наука та техніка досягають відповідного рівня, в даному випадку такого, при якому людина буде здатна отримувати енергію із будь-якої матерії в корисній формі, наприклад, в формі тепла або електрики, що дозволить вирішити всі енергетичні проблеми людства».

СУЧАСНА ТЕПЛОВА ЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ
Єфімов О.В., Тютюник Л.І., Іванова Л.А., Касілов В.Й.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В енергетичному балансі України теплові електричні станції (ТЕС) є основним джерелом теплової та електричної енергії. За видом енергії ТЕС підрозділяються на конденсаційні електростанції (КЕС), що виробляють енергії тільки одного виду – електричну, і теплоелектроцентралі (ТЕЦ), які відпускають споживачам теплову та електричну енергію у вигляді пари і води.

Централізоване теплопостачання споживачів, здійснюване з використанням тепла пари, частково спрацьованої у проточній частині турбіни, забезпечує значну економію палива, поліпшує якість теплопостачання, зменшує забрудненість навколишнього середовища. Встановлена потужність теплофікаційних турбін становить 39% сумарної потужності теплових електростанцій.

Теплові електростанції та їх обладнання невпинно розвиваються, стають більш потужними і складними. Зростання потужності ТЕС здійснюється на базі нових науково-технічних рішень із застосуванням сучасних систем автоматизованого управління виробничими процесами.

Підвищення енергетичного потенціалу робочого тіла (пари) за рахунок збільшення початкових параметрів пари перед турбіною до значень 12,75 МПа (9130 ата) і 23 МПа (240 ата), а також введення проміжного перегріву пари підняли економічність агрегатів на 10-15%. При блочному виконанні (котел-турбіна-генератор-трансформатор) вартість ТЕЦ знижується на 15-20% порівняно з іншими компоновками. Всі великі ТЕС мають блочне виконання.

Збільшення одиночної потужності котлів, турбін та генераторів відчутно знижує їх вартість та металоємкість. Так, при переході від потужності 60 МВт до 200 МВт питома вартість турбіни й генератора зменшується на 25%. При подвоєнні потужності з 540 до 1140 МВт питома вартість знижується на 20%.

Велику економію коштів дає встановлення на ТЕЦ пікових водогрійних котлів для покриття максимумів теплових навантажень.

ЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ФОТОННО-ОПТИЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ ДЕТЕКТОРІВ

**Заполовський М.Й.¹, Лавриненко О.С.¹, Запорожченко О.Є.²,
Сазонова М.С.²**

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Областями застосування полімерних оптичних матеріалів є як широкий асортимент звичайних оптичних виробів, так і спеціальні фотонно-оптичні вироби у вигляді сцинтиляційних детекторів для реєстрації інтенсивності іонізуючого випромінювання.

Незважаючи на очевидні переваги полімерної оптики, її широке застосування обмежено через технологічну складність виробництва великогабаритних виробів, тобто виробів, лінійні розміри яких перевищують 10 мм, що виключає застосування методу екструзії і штампування. методологічні підходи, запропоновані в даній роботі, дозволяють моделювати процеси прецизійної і ультрапрецизійної алмазної лезової механічної обробки різних полімерних матеріалів (при цьому враховується їх хімічний склад, фізичні властивості й морфологію і т.п.) і на підставі створених моделей ефективно управляти якістю виробництва високо функціональних полімерних виробів зі стабільно високими показниками довговічності при оптимальних економічних витратах.

На підставі результатів виконаних комплексних теоретичних і експериментальних досліджень розроблено наукомісткий високоефективний продукт – технологічний процес виробництва з полімерних матеріалів ультрапрецизійних фотонів-оптичних сцинтиляційних детекторів.

Визначено та сформульовано у вигляді конкретних технологічних вимог основні управляючі дії на технологічні процеси механічної обробки при виробництві високоякісних полімерних виробів фотонів-оптичного призначення, що включають в себе вибір основного і допоміжного обладнання, ріжучого і вимірювального інструменту, режимів різання, а також регламентують весь хід виробничих операцій і контроль якості виробленої продукції.

Положення та принципи, запропоновані в даній роботі, можуть бути застосовні до процесів виробництва біоінженерних виробів та у виробництві інших видів прецизійних і ультрапрецизійних виробів з аморфних термопластичних матеріалів. Крім того, результати даної роботи можуть служити основою для моделювання і подальшої розробки нових технологічних процесів прецизійної і ультрапрецизійної механічної лезової обробки різних неметалічних матеріалів, які мають специфічні фізико-хімічними властивості.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Збараз Л.И., Павлова В.Г.

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

Отопительные котельные, традиционно, проектируются в составе нескольких котлов одинаковой мощности. Так, например, при подключённой тепловой нагрузке 2,0 МВт, принято устанавливать 2 котла по 1,0...1,25 МВт. Для покрытия отопительной нагрузки до 15 МВт проектируют 3 котла по 5 МВт и т.д. Установка котлов разной мощности в отечественной практике не принята. Однако, установка котлов разной мощности может оказаться более рациональной. Это связано с тем, что даже при плавном регулировании нагрузки, КПД котла достигает максимума в достаточно узком диапазоне. Это, как правило, 85...90 % номинальной мощности.

Для анализа, была смоделирована работа отопительной котельной по ул. Ленина, 66 в пос. Б. Рогань, Харьковского района, Харьковской области. Подключённая тепловая нагрузка – 3,837 МВт (3,3 Гкал/ч). Для покрытия данной тепловой нагрузки могут быть использованы котлы мощностью 1,0, 1,25; 1,6; 2; 2,5 и 3,15 установленных по параллельной схеме в одной из шести нижеперечисленных комбинации: (2 МВт; 2 МВт базовый вариант); (1,6 МВт; 2,5 МВт); (1,25 МВт; 2,5 МВт); (1,6 МВт; 2 МВт); (1 МВт; 3,15 МВт), (1,6 МВт; 1,6 МВт).

Расход ресурсов за сезон по вариантам

	Вариант компоновки оборудования (мощность в МВт)					
	2,0+2,0	1,6+2,5	1,25+2,5	1,6+2,0	1,0+3,5	1,6+1,6
Расход газ за сезон, тыс. м ³	1011,97	1010,82	998,97	1016,61	1002,73	1013,23
Разница между базовым и предлагаемым вариантом, тыс. м ³	базовый вариант	1,146	12,999	-4,637	9,239	-1,259
Экономия (перерасход), тыс. грн.	базовый вариант	12,2926	139,4758	-49,755	99,139	-13,514

Сравнивая базовый вариант установки оборудования (2 МВт + 2 МВт) с предлагаемыми вариантами делаем вывод, что при установке котлов разной мощности расход топлива за сезон может быть как выше, так и ниже базового. Это зависит от многих факторов: подключённой нагрузки, объёма и протяжённости тепловых сетей, способа прокладки тепловых сетей, фактической утечки и т.д. Минимальный расход газа за сезон получаем при установке котлов (1,25 МВт; 2,5 МВт), причём экономия газа достигает 12,999 тыс. м³. При стоимости газа для промышленности 10,73 грн./м³ экономия составляет 139,48 тыс. грн. за сезон.

ЦЕЛЕОСОБРАЗНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ В МУЛЬТИТОПЛИВНЫХ КОТЛАХ В ПРОМЫШЛЕННОМ СЕКТОРЕ УКРАИНЫ

Каверцев В.Л., Дягилев В.А., Кожух С.В.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Энергетика всегда была и будет важной сферой деятельности промышленности и народного хозяйства. От состояния дел в топливно-энергетическом комплексе и степени надежности обеспечения страны энергетическими ресурсами зависит ход экономического развития страны.

Основное место в мировом производстве и потреблении энергоресурсов занимает нефть, газ, а также уголь, они являются так называемыми первичными энергетическими ресурсами. Данные виды топлива являются достаточно дорогостоящими, вследствие чего, особое внимание большинство стран стали уделять проблемам энергосбережения и эффективности использования энергетических ресурсов. Именно решение этих проблем потребовало от каждой страны соответствующего технического переоснащения производства и его структурной перестройки.

В настоящее время происходит постепенное снижение потенциала отечественного машиностроительного комплекса, что в дальнейшем приведет к значительному отставанию в проектировании, внедрении и освоении новых технологий получения электрической и тепловой энергии. В связи с этим очевидной является необходимость построения новых или модернизация существующих котельных агрегатов. При перевооружении и внедрении новых технологий и агрегатов анализируют целесообразность выполнения намеченных мероприятий, в частности техническую и экономическую мотивации, связанные с извлечением выгоды и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому, внедрение усовершенствованных технологий, актуально в первую очередь в промышленном секторе Украины. Известно, что отечественная промышленность потребляет 35% всех энергоресурсов в Украине.

Основные меры, которые позволят снизить себестоимость использования энергетических ресурсов и уменьшить количество использования дорогостоящего топлива на промышленных предприятиях следующие:

- экономия топлива и увеличение эффективности его использования;
- использование вторичных энергоресурсов предприятий;
- внедрение энергосберегающих технологий.

Такие задачи могут быть решены путем внедрения новых технических решений в конструкциях топочно-горелочных устройств мультитопливных котельных агрегатов. Это позволит более эффективно использовать, технологические газы (вторичные энергоресурсы) промышленных предприятий Украины и тем самым значительно снизить потребление ими природного газа и мазута.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГООБМЕНА МЕЖДУ КОНТУРАМИ НА УДЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТРДД

Кислов О.В., Шевченко М.А

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Оптимизация работы, передаваемой в наружный контур ТРДД различных схем – одна из наиболее актуальных задач в области проектирования ТРДД. Чаще всего авиационные ТРДД оптимизируются, ориентируясь на удельные параметры ТРДД.

Оптимизация ТРДД остается актуальной задачей (несмотря на большое количество исследований), поскольку рассмотрены не все формы энергообмена между контурами ТРДД. В работе исследуются три схемы ТРДД: с камерой смешения; без смешения потоков; с воздухо – воздушным теплообменным аппаратом (ВВТ) для передачи теплоты из внутреннего контура в наружный.

Разработана методика исследования влияния энергообмена на удельные параметры ТРДД, позволяющая на этапе проектирования ТРДД проводить сравнительную оценку различных схем.

На основании разработанной методики проведено численное исследование семейства ТРДД различных схем.

Выполнено сравнение исследованных схем ТРДД, отображены их достоинства и недостатки.

Для исследуемых схем определены оптимальные степени повышения давления $\pi_{вПопт}^*$, при которых достигается максимум удельной тяги $R_{уд}$ и минимум удельного расхода топлива $C_{уд}$.

Максимум $R_{уд}$ в ТРДД со смешением потоков достигается при заметно меньшем $\pi_{вПопт}^*$, чем для двигателя без камеры смешения $\pi_{вПопт_{пу}}^*$ и с ВВТ $\pi_{вПопт_{с ВВТ}}^*$. Установлено соотношение $\pi_{вПопт_{см}}^* < \pi_{вПопт_{пу}}^* < \pi_{вПопт_{с ВВТ}}^*$.

Для исследуемого газогенератора ($\theta = \frac{T_2^*}{T_{ввд}^*} = 4,65$, $\pi_{к\Sigma}^* = 17,5$) при $m \leq 4,5$ значения $C_{уд_{см}}$ ТРДД со смешением потоков меньше, чем $C_{уд_{пу}}$ ТРДД без смешения потоков ($C_{уд_{см}} < C_{уд_{пу}}$). При больших m неравенство меняет знак, поэтому при $m < 4,5$ целесообразно использование ТРДД со смешением потоков и при $m > 4,5$ – ТРДД без смешения потоков.

Применение схемы ТРДД с ВВТ обеспечивает выигрыш по удельным параметрам при степени регенерации $\eta_p = 0,9$, и отсутствии потерь полного давления в теплообменнике. Однако он не может быть реализован из-за потерь полного давления в ВВТ.

ШТАНГОВЫЙ ГЛУБИННЫЙ НАСОС: ПРИНЦИП РАБОТЫ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ.

Косоруков О.В.

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

Штанговый глубинный насос (ШГН) в простейшем виде состоит из плунжера, движущегося вверх – вниз по хорошо подогнанному цилиндру. Плунжер снабжен обратным клапаном, который позволяет жидкости течь вверх, но не вниз. Обратный клапан, называемый также нагнетательным, в современных насосах обычно представляет собой клапан типа шар-седло. Второй клапан, всасывающий, – это шаровой клапан, расположенный внизу цилиндра, и, подобно обратному клапану, позволяет жидкости течь вверх, но не вниз. Вначале плунжер находится в стационарном состоянии в нижней точке хода. В этот момент и всасывающий, и нагнетательный клапаны закрыты. Столб жидкости в НКТ создает гидростатическое давление над всасывающим клапаном. Нагрузкой на сальниковый шток (верхний шток из колонны насосных штанг) является только вес колонны насосных штанг. При движении плунжера вверх обратный клапан остается закрытым и колонна насосных штанг принимает на себя вес жидкости в НКТ – вес колонны насосных штанг и вес столба жидкости. При минимальной утечке между плунжером и насосным цилиндром давление между нагнетательным и всасывающим клапанами уменьшается так, что всасывающий клапан открывается и жидкость из ствола скважины поступает в цилиндр насоса.

При автоматизации работы скважинных штанговых глубинных насосов применяются методы ваттметрирования, барографирования и динамометрирования. Первый метод позволяет контролировать, главным образом, работу наземного оборудования, второй и третий – глубинного.

Барографирование позволяет определить давление во всасывающем клапане и на выкиде насоса, перепад давления в клапанах, характер утечек и т.д. Давление регистрируется глубинным манометром, спускаемым на проволоке через затрубное пространство.

К достоинствам ваттметрирования необходимо отнести такие факторы, как простота измерения (требуется установка только измерительных трансформаторов тока и напряжения на фазах двигателя) и возможность вести учет потребляемой приводом электроэнергии.

Ваттметрирование позволяет получить информацию о работе наземного оборудования, в то время как наиболее важно иметь представление о состоянии и режиме работы глубинного насоса и колонны штанг и труб. Решить данную задачу помогает метод динамометрирования, результатом которого является график зависимости усилия в точке подвеса штанг от перемещения этой точки, называемый устьевая динамограмма.

С помощью динамометрирования, определяются отдельные параметры пласта и скважин, проверяется исправность работы ШГН и выявляются механические неисправности отдельных узлов подземного оборудования.

НЕСТАЦІОНАРНІСТЬ ПОТОКУ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНИХ ВЕР ПЕЧЕЙ СКЛОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Кошельнік О.В., Долобовська О.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

Основним технологічним агрегатом для виробництва скломаси є скловарні печі безперервної дії. Ефективність роботи таких печей у значній мірі визначається стійкістю окремих елементів кладки стін варильного басейну. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання систем випарного охолодження (СВО). При використанні СВО зменшуються питома витрата природного газу (до 20 %) та забезпечується значна економія електроенергії. Найбільш поширеним способом використання низькопотенційних вторинних енергоресурсів скловарних печей – водяної пари систем випарного охолодження – це його застосування для систем опалення, завдяки чому знижується витрата вуглеводневого палива в парових або водогрійних котлах. Однак через низькі параметри пари (тиск не більш 0,8 МПа) та високу вологість виникають значні труднощі в його повному і раціональному використанні. Тому питання найбільш ефективного використання низькопотенційної пари СВО залишається на сьогодні достатньо актуальним завданням.

Можливо виділити два основних напрямки використання пари. Це – теплотехнічний напрямок та енергетичне використання потенціалу пари. Перший напрямок включає в себе підігрів компонентів горіння – природного газу і повітря. При неможливості повного використання низькопотенційної пари, можливо розглядати варіанти схем з турбоустановками для отримання електричної енергії. Енергетичний потенціал водяної пари СВО може бути використаний для виробництва електроенергії безпосередньо в турбогенераторах або у двоконтурних схемах з нетрадиційними робочими тілами.

Безпосереднє використання пари СВО в багатьох випадках є проблематичним тому, що досягнення прийнятної економічності в силовому циклі на водяній парі можливо лише при глибокому вакуумі в конденсаторі. Це істотно ускладнює установку, при цьому виникає необхідність вирішення проблеми підвищеної вологості на виході з турбіни. В такому випадку застосування низькокиплячих речовин в якості робочого тіла енергетичних установок при використанні водяної пари як гріючого теплоносія з температурою 110-130 °С може виявитися досить ефективним.

Таким чином, при розгляданні питання ефективності застосування теплоутилізаційних схем з використанням пари СВО скловарних печей необхідно додатково проводити комплексний аналіз параметрів роботи кожного з елементів схеми.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ ПАЛИВНИХ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ

Кошельнік О.В., Кішишьян О.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

На сучасних скловарних підприємствах ККД паливних печей складає не більш 25 – 30 %. Основними видами втрат тут є втрати з димовими газами. Тому скловарні печі обладнуються системами регенеративного нагріву повітря, що включають в себе рекуперативні або регенеративні теплообмінні апарати. Регенератори з нерухою вогнетривкою насадкою мають досить високий коефіцієнт підігріву повітря (0,8 – 0,85), що дає змогу підігрівати повітря горіння до температури 1200 – 1250 °С та отримати за рахунок цього значне зниження витрати палива. Тому, незважаючи на громіздкість конструкції і періодичність дії, регенератори одержали широке поширення в скловарному виробництві.

Було проаналізовано роботу регенеративної скловарної печі ванного типу для виробництва тарного скла видатністю 65 т/добу. Витрата природного газу в печі є досить високі та складають 680 – 750 м³/год. Основною причиною цього є низький ступінь використання теплоти димових газів, середня температура яких за піччю сягає 700 °С. Для підвищення ефективності роботи системи регенерації теплоти запропоновано ряд заходів, що дають змогу підвищити температуру підігріву повітря горіння до 850 °С при одночасному зниженні температури димових газів до 360 °С.

Першим кроком для удосконалення роботи системи є збільшення поверхні нагріву теплоакумулюючої насадки. Найбільш ефективним типом виявилася корзинова насадка з розміром каналів 140x140 мм. Підвищення інтенсивності нагріву здійснюється тут як за рахунок збільшення питомої поверхні теплообміну, так і за рахунок зростання швидкості теплоносія в порівнянні з базовою насадкою Сіменса без зміщення каналів.

Також розглядалася можливість використання багатокамерних регенеративних теплообмінників. Їх значною перевагою є збільшення об'єму насадки, а також можливість організації руху димових газів і повітря з оптимальною швидкістю. При застосуванні в системах регенерації теплоти багатокамерних регенераторів енергоспоживання може бути знижено до 15 % в порівнянні з аналогічною піччю зі звичайними однокамерними регенераторами.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВИХ УТИЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ В ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ СКЛОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Кошельнік О.В., Недосекіна Ю.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,*

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

Найбільш поширеним засобом використання теплового потенціалу скидних димових газів промислових агрегатів є доповнення теплотехнологічних схем додатковими утилізаційними агрегатами. Це надає можливість отримати крім гарячого повітря, пару технологічних або енергетичних параметрів, холод в абсорбційних холодильних установках, електроенергію або механічну енергію для приводу компресорів та вентиляторів.

Найбільш ефективним з точки зору більш повного застосування енергетичного потенціалу первинного палива є використання утилізаційних схем з когенерацією – одночасним виробленням електричної та теплової енергії. Одним з недоліків даних схем є значні розміри турбоустановок та турбоприводів, наявність в них значної кількості додаткового теплообмінного обладнання.

Для замкнених циклів термодинамічна ефективність в значній мірі залежить від вибору робочого тіла. Використання водню в якості робочого тіла в теплоенергетичних установках є більш переважним, ніж багатоатомних газів. Тому досить перспективним в даному випадку виглядає використання водневих турбін. Водень широко використовується як складова захисної відбудовної атмосфери в флот-резервуарах при виробництві листового скла. Тому на таких підприємствах вже мається відповідна воднева інфраструктура, що значно зменшує вартість використання водневої теплоутилізаційної системи.

Рівень температур димових газів теплотехнологічних комплексів скловарного виробництва відповідає рівню температур, необхідному для забезпечення роботи термосорбційний компресорів. Тому відкривається можливість застосування термосорбційних компресорів як останнього ступеня систем утилізації теплоти, в яких в якості джерела теплової енергії може бути використана низькопотенційна теплота скидних димових газів. В таких схемах можуть бути застосовані воднева турбоустановка, у якій за рахунок спрацювання енергії стисненого водню виробляється механічна енергія для приводу у дію електрогенератора. Розрахунки показали, що електрична потужність турбоустановки складає від 32,6 до 110,9 МВт в діапазоні температур газів від 250 до 350 °С при витраті димових газів 2 кг/с. Крім того, додатковий ефект можна отримати за рахунок використання кисню, що утворюється в процесі електролізу при подачі його в повітря горіння за рахунок зменшення в ньому частки інертних газів.

НЕРІВНОМІРНІСТЬ РУХУ МЕХАНІЗМУ

Крахмальов О.В.

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

Рівномірність руху частин механізму є істотно важливою умовою найвигіднішого його використання. Розрізняють два типи коливання швидкостей механізму – періодичне і неперіодичне, що зумовлено головним чином зміною навантаження механізму. У ротаційних двигунах, де органи, що сприймають підведену до двигуна енергію, роблять обертальний рух (електродвигуни, парові, водяні і газові турбіни), робочий процес відбувається не циклічно, а безперервно і при усталеному русі характеризується сталістю рушійного моменту. Отже, у цих двигунах періодичних коливань не буде і головна ланка при усталеному русі обератиметься рівномірно.

У поршневих двигунах, в основі яких лежить кривошипно-повзунний механізм, орган, що сприймає роботу рушійних сил (поршень), робить зворотно-поступальні рухи. Це ускладнює регулювання кутової швидкості обертання головного вала двигуна.

Робочий процес цих двигунів характеризується замкнутими циклами, які при усталеному русі безперервно йдуть один за одним і створюють рушійну силу, що змінюється періодично. Корисний опір в основному залежить від характеру технологічного процесу. Таким чином, рушійна сила і корисний опір становлять змінні величини, які змінюються незалежно одна від одної. При цих умовах усталений рух механізму супроводжуватиметься періодичними змінами швидкості обертання головного вала.

Великі періодичні коливання швидкості недопустимі, бо вони спричиняють у кінематичних парах додаткові тиски, які знижують загальний коефіцієнт корисної дії механізму та надійність його роботи. Крім того, великі коливання швидкості можуть спричинити небажані явища в технологічному процесі (псування різця у верстатах, розрив матеріалу в текстильних машинах, вібрації). Через те задача про сталість швидкості обертання в даному разі полягає в тому, щоб немінучі періодичні коливання швидкості усталеного руху довести до такого мінімуму, при якому зазначені явища були б мало відчутні.

Отже, питання зводиться до задачі регулювання коливань швидкості обертання головного вала в кожному циклі усталеного руху. Це регулювання здійснюється за допомогою додаткової маси – маховика (колеса з великим моментом інерції), який встановлюють на одному з валів механізму.

Дія маховика полягає в тому, що при переміщенні роботи рушійних сил над роботою сил опорів маховик сприймає на себе надлишок кінетичної енергії механізму і, завдяки своєму великому моменту інерції, не дає швидкості надмірно зростати; коли ж робота сил опорів перевищує роботу рушійних сил, маховик віддає нагромаджену кінетичну енергію, протидіючи зменшенню швидкості.

ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАСООБМЕНА В КОНТАКТНОМ ФОРСУНОЧНОМ КОНДЕНСАТОРЕ

Круглякова О.В.

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

Несмотря на широкое применение в промышленности и энергетике контактных форсуночных теплообменных аппаратов, в частности конденсаторов пара, инженерная методика их расчета все еще не сформирована, что является следствием сложности математического описания протекающих в данных аппаратах процессов тепло- и массообмена между газовой и жидкостной фазами. Существующие расчетные методики используют целый ряд эмпирических коэффициентов, которые применимы лишь для аппаратов заданной геометрии и ограниченных режимных параметров.

Таким образом, в настоящих условиях исследовать влияние различных факторов на интенсивность процессов контактного теплообмена, а следовательно, создать теоретическую основу для проектирования эффективных контактных аппаратов без проведения сложных и дорогостоящих натурных испытаний возможно лишь на основе математического моделирования.

В общем случае, математическая модель контактного форсуночного конденсатора включает уравнения движения капель, сплошности, теплообмена между жидкостными структурами и паром, сохранения энергии в паровом пространстве, которые дополняются соответствующими начальными и граничными условиями, а также функцию, описывающую распределение капель по размерам.

Численная реализация данной математической модели осложняется целым рядом факторов, среди которых наиболее существенными являются наличие различных структур жидкости, взаимодействующей с паровой фазой, изменение скорости пара при его конденсации по ходу аппарата, необходимость учета процесса конденсации на движущихся каплях и т.д.

В рамках такой постановки задачи целесообразным представляется использование разностного метода решения уравнения движения капельной среды в паровом пространстве конденсатора. При этом пространство разбивается на ряд зон по направлению движения пара, количество которых предварительно определяется исходя из обеспечения устойчивости решения. Для реализации предложенного метода принимаются допущения, касающиеся начального распределения скорости паровой среды по глубине конденсатора, и в каждой зоне разбиения, замене непрерывной функции распределения объемов капель по размерам кусочно-постоянной аппроксимацией, а также поведения капель при их столкновении с пленкой жидкости, стекающей по вертикальным стенкам конденсатора, граничным условиям на поверхности жидкости. Проверка сходимости решения может быть осуществлена, исходя из уравнения теплового баланса конденсатора.

РАСЧЕТ ТРЕХМЕРНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГИДРОТУРБИН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ CFD

Крупа Е.С., Матвейчук К.Ф.

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

С развитием методов математического моделирования и внедрения в инженерную практику ЭВМ появилась возможность замены физического эксперимента численным. Применение численного моделирования чрезвычайно расширяет возможности анализа влияния геометрических параметров на кинематические и энергетические характеристики. Численный эксперимент позволяет оценить влияние отдельных геометрических параметров не только на энергетические характеристики гидротурбины в целом, но и на кинематические характеристики отдельных ее элементов, а также на категории потерь в этих элементах. Последние позволяют наметить пути для уменьшения отдельных видов потерь, дает основу для совершенствования энергетических характеристик гидротурбины в целом.

Численное моделирование включает в себя этапы построения математической модели рабочего процесса и разработки методики численного исследования влияния геометрических и режимных параметров на энергетические характеристики гидротурбины.

При проведении целенаправленных модификаций проточной части (ПЧ) спрогнозировать параметры, выдаваемые гидротурбиной, возможно лишь по сравнительным результатам расчета картины течения жидкости внутри заданной области проточной части.

В докладе рассматривается вопрос численного исследования пространственного потока в ПЧ капсульного гидроагрегата ПЛГК-25, с диаметром рабочего колеса (РК) $D=1\text{м}$, на оптимальном режиме работы. Необходимые расчеты были выполнены с использованием программного комплекса Flow Vision.

Программный комплекс FlowVision в настоящее время широко используется для решения прикладных задач гидрогазодинамики.

Программный комплекс FlowVision предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики.

НЕСТАЦІОНАРНІСТЬ ПОТОКУ ВІД РУХУ ВИХРОВИХ ДЖГУТІВ У ВИСМОКТУЮЧИХ ТРУБАХ ГІДРОМАШИН

Кухтенков Ю.М.

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

Збільшення одиничних потужностей і розмірів сучасних гідротурбін і обернених гідромашин, форсування режимів експлуатації, робота на часткових і перехідних режимах, задоволення вимогам надійності і довговічності призводить до необхідності визначення та зниження рівня нестационарності потоку в проточній частині гідромашини. Порівняння результатів натурних і модельних досліджень пульсацій тиску, що характеризують нестационарність потоку, показує, що гідравлічна нестационарність досить добре моделюється. Однак, з огляду на складність, тривалість і значну вартість експериментальних досліджень, доцільно на попередніх етапах розробки проточної частини нових або модернізації існуючих гідромашин розраховувати прогнозні характеристики пульсацій тиску, що визначають нестационарність потоку, чисельним шляхом за допомогою сучасних програм розрахунку просторових потоків.

Розглядаються різні двовимірні і просторові математичні моделі нестационарних явищ в проточній частині лопатевих гідромашин. Наведено розрахунки за цими моделями в конкретних гідротурбінах на напори 100-300 метрів з використанням сучасних ЕОМ

Розглядаються результати теоретичних і експериментальних досліджень нестационарності потоку, що обумовлена обертанням вихрових джгутів за робочим колесом лопатевих гідромашин. Причина появи на неоптимальних режимах роботи гідромашини вихрових джгутів полягає у виникненні циркуляції (закрутки) потоку за робочим колесом і, в першу чергу, у втулки робочого колеса гідромашини.

Потік за лопатєвої системою у відсмоктуючій трубі гідромашини характеризується певним розподілом циркуляції уздовж радіуса труби. У загальному випадку потік за робочим колесом не є потенційним, тобто $V_u R \neq const$. При зміщенні потоку вниз за робочим колесом уздовж осі турбіни окружна складова швидкості у втулки робочого колеса зростає, тому що зменшується радіус обтічника. В умовах реальної рідини швидкість не може зростати до нескінченності, а тиск не може стати нижче тиску пароутворення. Через асиметрію потоку вихровий джгут у відсмоктуючій трубі гідромашини приймає спиралевидну форму і при своєму подальшому русі індукує змінне поле швидкостей і тисків. З експериментальних досліджень витікає, що амплітуда пульсацій тиску на стінках відсмоктуючої труби залежить від інтенсивності вихрового джгута і його геометричних параметрів, а частота пульсацій тиску пов'язана з частотою обертання вихрового джгута навколо осі гідромашини.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С ВВЭР

Кухтин Д.И., Ефимов А.В.

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

Современные энергоблоки атомных электростанций являются сложными техническими системами с многочисленными внешними и внутренними связями и ограничениями. Сложность этих систем обычно характеризуются такими факторами, как большое количество оборудования, быстротечность процессов, разветвленные алгоритмы функционирования оборудования и процессов.

Необходимо отметить, что технологические процессы, протекающие в оборудовании энергоблоков АЭС, в общем случае описываются сложными системами нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, а также нелинейными алгебраическими уравнениями. Для их решения применение численных методов в процессе имитационного моделирования, а в ряде случаев их линеаризация, дает возможность получить приближенное решение с достаточной для инженерной практики точностью.

Поэтому, для детального исследования свойств, параметров, характеристик и показателей энергоблоков АЭС как сложных технических систем в настоящее время широкое применение находят методы математического моделирования с применением компьютерно-интегрированных технологий их реализации, позволяющие имитировать множество функциональных состояний систем и оборудования энергоблоков. Основными компонентами такого подхода являются имитационная модель, достаточно полно и точно описывающая технологические процессы, как в отдельных элементах, так и в энергоблоке в целом, и её интеграция в компьютерный комплекс программ в виде алгоритма расчета свойств, параметров, характеристик и показателей энергоблоков АЭС.

Компьютерная реализация программы расчета параметров энергоблока АЭС представляет собой набор взаимосвязанных файлов, в которых содержится вся информация, предназначенная для описания автоматизированного комплекса программ, предназначенного для анализа функционирования энергоблоков АЭС, и использует интегрированную среду программирования (ИСП), а именно комплекс программных средств, который предназначен непосредственно для разработки конкретного программного обеспечения.

Полученные результаты позволяют анализировать работу энергоблока при его эксплуатации. Однако, с развитием вычислительной техники и модернизацией программного обеспечения, усовершенствование существующих автоматизированных комплексов для анализа функционирования энергоблока АЭС, а также созданию новых, весьма необходимо.

ТАНГЕНЦИАЛЬНАЯ НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ЗА ПОСЛЕДНЕЙ СТУПЕНЬЮ ЦНД ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Лапузин А.В., Юдин Ю.А., Субботович В.П., Юдин А.Ю., Темченко С.А.

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

Неосесимметричный выход пара из выхлопных патрубков (ВП) паровых турбин обуславливает переменность в тангенциальном направлении давления за последними ступенями цилиндров турбины, что влияет на вибрационную надежность рабочих лопаток. Если для ЦВД и ЦСД этой крупномасштабной неравномерностью давления можно пренебречь, то для высоконагруженных последних ступеней ЦНД её желательно учитывать в прочностных расчетах. Для оценки окружной неравномерности давления, максимальной на периферии ступени, удобно использовать безразмерные коэффициенты E_{u_k} , E_{u_n} , E_u , определённые как отношения окружных разностей давления в корневом, периферийном и среднем сечениях ступени к удвоенному динамическому напору на среднем радиусе ступени.

Поскольку окружная неравномерность расхода за последней ступенью практически отсутствует, окружная неравномерность давления торможения на среднем радиусе E_u^* мало отличается от E_u .

В процессе модернизации ВП ЦНД турбины К-218-44 ($D=292$ мм, $D/l=3$) было исследовано 6 вариантов диффузора, а также бездиффузорная конструкция. На оптимальном режиме работы ступени зафиксированы следующие значения неравномерности: $E_{u_k}=0,16-0,28$, $E_{u_n}=0,35-0,78$. Для бездиффузорной конструкции и большинства диффузорных вариантов отношение $E_{u_n}/E_{u_k} \approx 2$. Вариант с конической наружной границей диффузора был испытан также без ступени на крупномасштабном стенде при большом $G=4.65$ кг/с. Установлено, что снятие ступени сопровождается заметным снижением окружной неравномерности давления E_{u_k} с 0,255 до 0,105, E_u^* с 0,24 до 0,075, E_{u_n}/E_{u_k} с 2 до 1,35 и увеличением окружной неравномерности расхода G_{max}/G_{min} с 1,015 до 1,03. Хонейкомб, расположенный на расстоянии 600 мм от входного сечения ВП, достаточно эффективно снижает окружную неравномерность расхода во входном сечении ВП. Если бы хонейкомб отсутствовал, окружная неравномерность давления торможения E_u^* стремилась бы к нулю, параметр E_u был бы меньше 0,105, а отношение расходов $G_{max}/G_{min} > 1,03$.

Таким образом, для правильного моделирования входных условий перед ВП должна находиться турбинная ступень или её имитатор, имеющий большое гидравлическое сопротивление, намного превышающее сопротивление хонейкомба. Поскольку современные ВП паровых турбин выполняются диффузорными, необходимо имитировать также поток утечки через радиальный зазор над рабочим колесом. Не следует забывать также о том, что через ВП ЦНД проходит влажный пар, скорость которого (особенно на периферии) соизмерима со скоростью звука, и что режим работы последней ступени может существенно отличаться от номинального.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ РУХУ ШЛЯХОМ ДООПРАЦЮВАННЯ

¹Лебедєв А.Ю., ²Андренко П.М., ²Дмитрієнко О.В.,

¹ТОВ ХЗТФ «Моторімпекс»

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Одним з стратегічних напрямків розвитку гідравлічних систем та мехатронних гідроагрегатів є підвищення їх надійності. Одним з ефективних методів підвищення надійності є його доопрацювання. При цьому актуальним є питання визначення необхідної кількості випробувань $n_{\text{пот}}$ яке забезпечить потрібне значення показника надійності $P_{\text{пот}}$ після доопрацювання.

У доповіді розглядається електрогідравлічний мехатронний модуль руху (ЕММР), який крім електричного блоку керування і гідравлічного виконавчого механізму містить гідророзподільник з пропорційним електричним керуванням з нульовим перекриттям встановленим у першому каскаді, безпосередньо біля виконавчого механізму. Проаналізовано фактори які впливають на його надійність.

Процес доопрацювання ЕММР є цілеспрямованим, однак випадковим. Оскільки доопрацювання пов'язане з послідовністю подій (випробувань) $j = 1, 2, \dots, N$, розглядали дискретну функцію надійності, яка залежить тільки від номера випробування $P(j) = P_j$. На практиці в процесі доопрацювання темп внесення доопрацювань нерівномірний. Припускали, що при проведенні n випробувань k доопрацювань проведено рівномірно, тобто кількість випробувань між будь-якими двома доопрацюваннями залишається постійною – $i = k j/n$, а кількості відмов, які усуваються в кожному доопрацюванні – однакові та надійність ЕММР може змінюватися тільки після доопрацювання. При кожному випробуванні, яке може закінчитися справною роботою чи відмовою, отримуємо інформацію про стан ЕММР, яку використовували для розробки заходів, що підвищують надійність.

Для встановлення необхідної кількості випробувань $n_{\text{пот}}$ задавалися початковим значенням показника надійності – P_0 і параметром який характеризує середнє збільшення імовірності безвідмовної роботи за рахунок одного доопрацювання – E , визначити необхідну кількість випробувань $n_{\text{пот}}$:

$$n_{\text{пот}} = \frac{1}{E} \ln \frac{1 - P_0}{1 - P_{\text{пот}}},$$

де $E = E_1 k/n$; $E_1 = \ln(1 - a_c/P_\infty)$; a – постійний коефіцієнт, який характеризує ефективність усунення причин відмов в ході доопрацювання; і P_∞ – кінцеве значення показника надійності.

За результатами розрахунку встановлено, що для отримання $P_{\text{пот}} = 0,95$ необхідно провести 12 доопрацювань. Методика може бути використана при встановленні необхідної кількості випробувань інших гідравлічних пристроїв.

ДИНАМИКА МЕХАТРОННОГО ГИДРОАГРЕГАТА НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАКТОРА В РЕЖИМЕ УСИЛИЯ

¹ Лурье З.Я., ² Панченко А.И., ¹ Цента Е.Н.

¹ *Национальный технический университет*

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

² *Таврический государственный агротехнологический университет,*

г. Мелитополь

Работа посвящена динамике рабочего процесса мехатронного гидроагрегата (МГА) навесного оборудования (НО) трактора, при котором задающее воздействие и главная обратная связь являются тяговыми усилиями. Выполненный обзор литературы по разработке и исследованию замкнутых систем по тяговому усилию на крюке трактора до разработок МГА, показал их эффективность в части рационального использования мощности приводного двигателя, возможность поддержания тягового усилия в приемлемом интервале отклонений при различных внешних возмущениях (изменении плотности почвы, неровностей поверхности, скорости движения трактора и др.), экономию топлива.

Для того чтобы моделировать и исследовать режим усилия и сформулировать практические рекомендации, возникает задача поиска модели фактического усилия (датчика) как обратной связи в модели МГА. В качестве модели датчика использовано уравнение акад. В.П. Горячкина.

Создание МГА открывает возможность решать весьма важные проблемы, решение которых было сопряжено с большими трудностями либо практически невозможно. Применительно к обсуждаемому МГА НО сельскохозяйственного трактора в данной работе можно отнести обеспечение отработки малых значений рассогласований по усилию на основе синтеза корректирующих устройств, введенных в канал управления. При этом для каждого малого рассогласования по усилию с помощью всей математической модели решается оптимизационная задача поиска таких значений коэффициентов усиления величины рассогласования, при которых выполняется следующий критерий оптимизации: неотработанное рассогласование не должно превышать агротехническое требование.

Полученные осциллограммы переменных МГА при моделировании:

- рабочего процесса заглубления орудия на максимальную глубину с необходимостью введения дополнительной обратной связи по скорости штока цилиндра;
- реакции рабочего процесса на ступенчатое внешнее воздействие (в модели это имитируется изменением коэффициентов уравнения Горячкина);
- неровностей поверхности обрабатываемой почвы на основе данных экспериментов на тракторе Т-150К на стерне пшеницы с выявленными двумя резонансными частотами $\omega_1 = 0,52 \text{ с}^{-1}$ и $\omega_2 = 0,08 \text{ с}^{-1}$, хорошо согласуются с физическим анализом исследуемых процессов.

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Мараховский М.Б., Гасюк А.И., Вовк С.В.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Одним из основных направлений повышения технико-экономических показателей бурения скважин, является широкое использование многозаходных винтовых забойных двигателей (ВЗД).

Однако, широкое внедрение новых высокоэффективных машин сдерживалось из-за малой долговечности и невысоких показателей энергетических и эксплуатационных характеристик, обусловленных несовершенством конструкции и технологии изготовления героторных механизмов.

При проектировании современных ВЗД используется многозаходный винтовой героторный механизм, представляющий собой цилиндрическую планетарную передачу внутреннего зацепления с разницей в числах зубьев статора и ротора равной единице и межосевым расстоянием, равным половине высоты зуба героторного механизма. Особенностью таких зубчатых передач является то, что с целью упрощения технологии изготовления, зубья статора выполняются на обкладке из эластомера, привулканизованного к внутренней стенке корпуса статора.

Героторный механизм имеет натяг в зацеплении для обеспечения высоких энергетических характеристик и создания дополнительного запаса на износ зубьев. Натяг является важнейшим параметром героторного механизма. Его отсутствие вызывает утечки промывочной жидкости, снижает КПД, крутящий момент и запас на износ героторного механизма.

Большая величина натяга приводит либо к заклиниванию механизма, либо к преждевременному разрушению зубьев из-за повышенных деформаций и трения между зубьями статора и ротора.

Разработанная математическая модель позволяет рассчитать энергетические характеристики винтового забойного двигателя с учетом упругих свойств эластомера статора, натяга и геометрических параметров винтовой пары. Расчет оптимального диапазона объемного КПД позволит повысить эффективность использования двигателя.

ОЦЕНКА КАВИТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ВЫСОКОНАПОРНОЙ РАДИАЛЬНО-ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Мараховский М.Б., Гасюк А.И. Медведев М.Е.

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

В процессе работы гидротурбины в проточной части могут возникнуть зоны, в которых давление достигает давления парообразования жидкости при данной температуре. Наиболее вероятно появление такой зоны на лопастях рабочего колеса со стороны, обращенной к отсасывающей трубе, где и возникает явление, называемое кавитацией.

Кавитационные качества рабочего колеса гидротурбины могут быть характеризованы при помощи локального коэффициента кавитации. Для его определения проводят расчеты обтекания, что естественно предполагает известную геометрию лопастной системы рабочего колеса.

Весьма актуальной представляется задача оценки кавитационных качеств на стадии выбора исходных геометрических параметров, когда полная информация о геометрии лопастной системы отсутствует (лопастная система не спроектирована), а известны (могут быть заданы) отдельные геометрические параметры.

Считая, что наиболее опасная в кавитационном отношении точка находится на периферийной решетке рабочего колеса вблизи выходной кромки и предполагая цилиндричность линии тока, проходящей через эту точку, будем исходить из выражения максимального локального коэффициента в виде:

$$\sigma_{\max} = \chi_1 \frac{W^2}{2gH} + \frac{C^2}{2gH} - \frac{h_{от}}{H}$$

Модель сопротивлений в целом находится суммированием коэффициентов сопротивлений отдельных видов потерь.

Значение величины σ дает возможность судить о начале кавитации, однако не позволяет найти величину критического кавитационного коэффициента $\sigma_{кр}$, определяемого, как правило, опытным путем.

Несмотря на это, проведение расчетной оценки представляется достаточно важной, так как позволяет произвести сравнительную оценку кавитационных качеств и отбор приемлемых вариантов на начальном этапе проектирования.

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ЛОПАСТНЫХ СИСТЕМ РАБОЧИХ КОЛЕС РАДИАЛЬНО-ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Миронов К.А., Олексенко Ю.Ю.

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

Обслуживание и модернизация, а также проектирование новых рабочих колес радиально-осевых гидротурбин требует особого внимания и полного комплексного подхода для нахождения приемлемых технологических решений. Необходимой отправной точкой является создание подходящей, актуальной геометрии лопасти рабочего колеса. Для получения приемлемых результатов расчета спроектированная лопастная система должна быть интегрирована, предпочтительно в автоматическом режиме, в модель САПР. Оптимальные геометрические параметры лопастной системы рабочего колеса могут быть определены с помощью методики оптимизации с использованием анализа взаимодействия структуры жидкости (FSI).

Новые возможности по усовершенствованию расчетов и моделированию гидравлических систем гидротурбин стали возможны за счет современных пакетов программ и визуализации по средствам виртуальной реальности.

В данной работе предложена методология, которая направлена на оптимизацию структуры рабочего колеса гидротурбины путем моделирования его как функции предопределенных геометрических параметров.

Методика реализуется следующими пакетами программ:

1. Для моделирования лопасти подходит программное обеспечение ANSYS Bladegen, это интерактивный инструмент для моделирования турбомашин. В данной программе пользователь может создавать новые лопасти с нуля или изменять существующие лопасти посредством ввода облака точек, полученного, например, при 3D-сканировании. Лопасть описывается неоднородным рациональным B-сплайном (поверхностью NURBS) с четырьмя границами: входная кромка, ступица, обод и выходная кромка.

2. Ступица и обод моделируются с помощью Hypermesh, в котором происходит дискретизация модели в сетку конечных элементов.

3. Blade Transformer необходим для включения новых геометрических характеристик в модель.

4. ANSYS CFX применяется для расчета потока жидкости.

5. В MATLAB реализовано выполнение параметрической оптимизации, направленной на улучшение структурных свойств лопасти, повышение безопасности во время работы и увеличение срока службы.

Смешиваемые поверхности, являются очень важными геометрическими особенностями, они служат для снижения напряжений и предотвращения возникновения кавитации. Они автоматически включаются в твердотельную модель с помощью Blade Transformer.

Окончательные результаты визуализируются и делаются выводы.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПИСУ РЕЗОНАНСІВ ШУМАНА

Ольховський А.С., Кулик О.П., Ткаченко В.І.*

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

**Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»,
м. Харків*

Резонансні властивості різних об'єктів в зовнішніх полях є одним із класичних об'єктів досліджень в сучасній фізиці. Резонансна взаємодія розглядається, починаючи з робіт Н.Тесли по параметричному резонансу будівель, і по теперішній час. Параметричний резонанс описується коливанням звичайного осцилятора, амплітуда якого не є постійною, а зростає лінійно у часі. Це спостерігається коли власна частота коливань осцилятора співпадає з частотою зовнішньої сили.

Не дивлячись на більш ніж піввікову історію, одним із актуальних напрямків досліджень резонансних явищ залишається вивчення глобальних електромагнітних резонансів в порожнині Земля – іоносфера. На можливість їх виникнення вперше вказав В.О.Шуман, а експериментально виявили М.Бальсер і Ч.Вагнер. Пізніше ці резонанси стали називати "шуманівськими". З ними пов'язані геофізичні дослідження гроз навколо земної кулі, профілів електронної концентрації, геомагнітних та іоносферних збурень, сонячної активності, тощо.

В даний час інтерес до цих явищ пов'язаний перш за все з ідеєю резонансного методу бездротового передавання електричної енергії Н.Тесли, який ще задовго до початку вказаних систематичних досліджень сконструював пристрій, що дозволив вивчати зміни потенціалу Землі, зокрема, і ефект стоячих електромагнітних хвиль, викликаних грозовими розрядами в земній атмосфері.

На основі експериментальних даних, в тому числі експериментальних даних Тесли, про резонансні електромагнітні коливання, що виникають в діапазоні наднизьких частот (ННЧ) в порожнині Земля – іоносфера запропоновано математичну модель опису резонансних коливань електронного заряду Землі. Знайдено рішення хвильових рівнянь Д'Аламбера для електричного і магнітного потенціалу зарядженої, ідеально провідної сфери. Надано графічний аналіз розподілу збуреного потенціалу поверхні Землі. Показано, що отримане рішення адекватно описує експерименти Тесли бездротового передавання електрики, проведені в Колорадо-Спрінгс в 1899 - 1900 рр. У ННЧ області спектра електромагнітних коливань знайдено резонансні частоти, які, на відміну від розрахованих раніше іншими авторами, найбільш точно відповідають експериментально вимірним першим резонансам Шумана.

Таким чином, в роботі показано, що запропонована математична модель опису резонансних коливань зарядженої земної сфери описує не тільки експерименти Н.Тесли, але й придатна для опису ННЧ резонансів Шумана. На основі моделі пояснено результати окремих дослідів Н.Тесли з бездротового передавання електрики, що дає змогу відтворити їх в лабораторних умовах.

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ІНКРУСТАЦІЇ ПОВЕРХНІ НАГРІВУ ПРИ ВИПАРЮВАННІ РОЗЧИНІВ, ЩО КРИСТАЛІЗУЮТЬСЯ

Павлова В.Г., Долобовська О.В.

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

Невід'ємною частиною ряду технологічних процесів (наприклад, при очищенні стічних вод, виробництві каустичної соди та ін.) є процеси упарювання розчинів. Більшість розчинів, застосовуваних у виробництві, містять солі, що кристалізуються в процесі випарювання. Для таких розчинів рекомендовано застосовувати випарні апарати з винесеною зоною кипіння. Застосування плівкових випарювальних апаратів зі стікаючою плівкою в таких випадках не рекомендується через інкрустації поверхонь теплообміну, що призводить до погіршення теплопередачі і забруднення прохідного перерізу труб. Переваги плівкових випарних апаратів (висока ефективність роботи, малі габарити і металоємність, малий час контакту з поверхнею теплообміну та ін.) роблять актуальним пошук методів і можливостей, що розширюють область використання випарних апаратів даного типу. Одним з методів, що дозволяють застосувати випарні апарати для розчинів, що кристалізуються, є внесення невеликої кількості твердої фази у вхідний розчин, що суттєво змінює картину теплообміну, зменшує інкрустацію поверхонь нагріву.

На теплообмін в багатокомпонентній плівці, яка стікає, впливають як процеси пароутворення (інтенсивність пароутворення і рух парової фази), так і присутність твердої фази, яка суттєво змінює картину теплообміну. Кристали твердої фази турбулізують потік стікаючої плівки, проривають пристінковий прикордонний шар, що впливає на процеси пароутворення, відрив, спливання парових бульбашок. Тим самим підвищується інтенсивність теплообмінних процесів в апараті, збільшується ефективність установки. Основні кристалізаційні процеси йдуть на поверхні готової кристалічної фази, знижуючи швидкість інкрустації поверхонь нагріву, що дає можливість збільшити час роботи апарату без зупинок на очищення та обслуговування, і застосовувати випарні апарати зі стікаючою плівкою для розчинів, які кристалізуються, і тим самим знизити капітальні та експлуатаційні витрати.

У зв'язку з цим представляють теоретичний і практичний інтерес подальші дослідження процесів теплообміну в плівці суспензії та факторів, що визначають цей процес, а також розгляд впливу твердої фази на теплообмінні процеси як при плівковій течії рідини. Це дозволить розширити область застосування методу для більш широкого спектру теплообмінного обладнання.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФОРМУВАННЯ ПОЛЯ ГУСТИНИ ЗРОШЕННЯ НАСАДКИ ПРИ ПОДАЧІ РІДИНИ ВІДЦЕНТРОВИМИ ФОРСУНКАМИ

Пересьолков О.Р., Круглякова О.В.

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

Одною з основних умов ефективного використання контактних апаратів є необхідність рівномірного розподілу швидкостей потоку газу і витрати рідини за поперечним перерізом робочого простору апарату.

У зв'язку з цим актуальними є питання формування факела крапельного потоку при диспергуванні води форсунками і розподілу густини зрошення в поперечних перетинах факела на різних відстанях від зрізу форсунки. Також виникає питання можливості прогнозування форми та параметрів факела крапельного потоку в залежності від геометрії форсунки і параметрів її роботи.

Така інформація є підґрунтям для проектування контактного апарату, передбачення вибору форсунок та їх оптимального розташування в апараті з метою рівномірного заповнення робочого простору крапельної або плівковою поверхнею рідкого теплоносія й, тим самим, забезпечення ефективної роботи апарату.

Для дослідження гідравлічних характеристик форсунок була спроектована та виготовлена експериментальна установка.

Визначення витратних характеристик форсунок відбувається з використанням вагового методу. Відбір крапель є ізокінетичним за рахунок вільного виходу води відбірною трубкою та вільного руху потоку повітря, що ежектується, та незмінної швидкості руху крапель на вході в трубку.

Також передбачалася можливість вимірювання густини зрошення не тільки в різних точках за радіусом факела, а і в різних секторах за окружністю факела, що є необхідним для форсунок, наприклад, типу У-1, які видають крапельний потік дуже нерівномірно по секторах окружності факелу.

На першій стадії проведення експериментів отримані епюри густини зрошення в факелі крапельного потоку на різних відстанях від зрізу форсунок.

Отримані в результаті експерименту дані є базою для прогнозування характеристики крапельного потоку в факелі відцентрової форсунки в залежності від її геометричних та режимних параметрів роботи. Такі результати дають можливість ще на етапі проектування контактного апарату підібрати конструкцію форсунок, їх геометричні та режимні параметри таким чином, щоб забезпечити більш рівномірне заповнення робочого простору апарату крапельною або плівковою контактною поверхнею, що буде сприяти підвищенню ефективної роботи контактної тепломасообмінної апарату та водночас мінімізувати витрати рідини.

ПІДВИЩЕННЯ ДОЛІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ В ПАРОСИЛОВИХ УСТАНОВКАХ З ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Пильов В.В.

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

В малій енергетиці достатнього розповсюдження набув підхід до комбінованого вироблення теплової та електричної енергії, згідно якого спалювання палива відбувається у поршневому двигуні внутрішнього згоряння, з'єднаному з електрогенератором, а утилізацію теплоти відпрацьованих газів двигуна здійснюють в котлі-утилізаторі. Останнього часу такі установки працюють як на традиційних видах палив, так і на альтернативних, зокрема біогазі, шахтному газі, газі смітникових звалищ тощо. Зазначене обумовлює високі перспективи їх подальшого розвитку та широкого розповсюдження. В Україні основою для створення таких установок можуть служити вітчизняні двигуни типу 10Д100, 10ГД100 та інші.

Відомо, що співвідношення між максимальними величинами теплових і електричних навантажень типових об'єктів малої енергетики знаходиться в межах від 1,4 до 5. Тому загальним недоліком таких установок є недостатня кількість теплової енергії у співвідношенні з кількістю електричної, що вироблюються. Одним з основних напрямів підвищення ефективності таких установок є використання теплоти з системи рідинного охолодження, змащення, охолодження наддувного повітря. Для стаціонарних установок вказаний підхід на сьогодні стає обов'язковим та дозволяє використати понад 80-85% теплоти, введеної з паливом.

Іншим напрямом, що розвивається, є змішування відпрацьованих газів з додатковим повітрям, яке нагнітають у зовнішню камеру згоряння, де для підвищення теплової продуктивності здійснюється спалювання додаткових порцій палива. Після цього відпрацьовані гази подають на утилізацію звичайним способом. Недоліком таких схем є те, що додаткова частина повітря знижує температуру продуктів згоряння під час змішування.

З метою зниження ролі цього недоліку в роботі запропоновано і розглянуто схему установки, що передбачає використання модернізованого двохтактного поршневого двигуна. Подачу додаткового повітря у зовнішню камеру згоряння здійснено крізь систему впуску і циліндр двигуна за допомогою власного нагнітача. При цьому кількість повітря продувки узгоджують з подачею додаткового палива, потрібного для повного задовільнення потреби користувача в тепловій енергії. За такої схеми установки, економічність двигуна і вироблення електричної енергії знижується, натомість додаткове повітря догрівається від поверхонь камери згоряння двигуна, що підвищує загальну ефективність установки та зменшує теплову напруженість основних елементів двигуна.

На новий спосіб комбінованого вироблення теплової та електричної енергії подано заявку на патент у співавторстві.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТЕЙ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГИДРОТУРБИН

Подвойский Ю.А., Кухтенков Ю.М.

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

В проточной части лопастных гидротурбин на нерасчетных режимах присутствуют низкочастотные пульсации давления, вызванные движением вихревых жгутов в отсасывающих трубах, которые приводят к значительным вибрациям узлов гидроагрегатов ГЭС и авариям. Поэтому актуальным является выявление причин, вызывающих низкочастотные пульсации давления, численно-аналитическое исследование их поведения в отсасывающих трубах гидротурбин с целью прогнозирования пульсационных характеристик. При расчете пульсационных характеристик давления важным моментом является получение информации о геометрических параметрах вихревых жгутов – эксцентриситете, диаметре жгута, и угле подъема вихревой линии, если вихревой жгут представлен винтовой спиралью.

Сотрудники каф. гидротурбин НТУ «ХПИ» совместно с ОАО «Турбоатом» провели экспериментальные исследования на модельном стенде с целью определения геометрических параметров вихревых жгутов за рабочими колесом гидротурбин при их работе. По экспериментальным данным в отдельных точках строились интерполяционно-аппроксимирующие зависимости, позволяющие получить информацию для широкого диапазона работы гидротурбины с целью расчета ее пульсационных характеристик.

Для прогнозного расчета пульсаций давления в отсасывающих трубах гидротурбин РО140-РО230 использовались экспериментальные данные, полученные в отсасывающей трубе турбины РО170. После математической обработки данных были получены коэффициенты аппроксимации для описания геометрии жгутов за рабочим колесом РО170. Полученные расчетом по принципу МНК результаты по геометрии жгута сопоставлялись с результатами, полученными из эксперимента. С помощью комплекса программ по расчету низкочастотных пульсаций давления рассчитывались пульсационные характеристики гидротурбин РО140-РО230. Полученные расчетом амплитуды пульсаций давления были сопоставлены с экспериментальными данными в отдельных точках и указали на их удовлетворительное согласование, что является косвенным подтверждением правильности проведенных расчетов.

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ ГИДРОТУРБИНЫ

Потетенко О.В., Яковлева Л.К., Самба Битори Т.Д.Б.

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

Одними из первых моделей, описывающих турбулентное движение жидкости были модели «пути перемешивания» Л. Прандтля, где учитывался диффузионный перенос импульса за счет пульсации скоростей и давлений и Дж. Тейлора где за основу принимался диффузионный перенос момента импульса или вихря.

Основным отличием турбулентного потока от ламинарного является, как известно, диффузионный перенос массы, импульса, момента импульса и энергии. При математическом описании динамики сплошной среды основные уравнения получаются из законов сохранения массы, импульса, момента импульса и энергии.

Современные методы математического моделирования турбулентных потоков основанные, например, для несжимаемой жидкости при постоянной температуре используют осредненные по времени уравнения Навье-Стокса (уравнение Рейнольдса), уравнение неразрывности и в " $k-\varepsilon$ " моделях уравнения баланса и диссипации турбулентной кинетической энергии или в более совершенных методах дифференциальные уравнения для турбулентных напряжений (напряжений Рейнольдса) и полуэмпирические в основном алгебраические замыкающие систему уравнения. Как известно, вышеупомянутые уравнения получаются из законов сохранения импульса и массы. При этом совершенно не учитывается закон сохранения момента импульса и процессы трансформации импульса в момент импульса и наоборот.

В докладе показаны неточности в определении турбулентных напряжений, полученных в результате осреднения по времени уравнений Навье-Стокса (по методике Рейнольдса) т.к. уравнения Навье-Стокса не достаточно точно учитывают диффузионный перенос параметров потока.

Приводятся уравнения баланса момента импульса и уравнения трансформации импульса в энергию момента импульса и наоборот. Начальные основы настоящего доклада изложены в работе: О.В. Потетенко, Е.С. Крупа «К вопросу учета диффузионного переноса момента импульса и трансформации его энергии импульса и наоборот, при моделировании турбулентных потоков». Вісник НТУ «ХПІ» «Гідравлічні машини та гідроагрегати». №3 (1112) 2015 с. 37-44.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОТУРБИН С ЦЕЛЬЮ ПРОДВИЖЕНИЯ ИХ
НА НАПОРЫ ДО 800-1000 М И РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА
НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Потетенко О.В., Яковлева Л.К., Самба Битори Т.Д.Б., Калюжнюк Б.А.

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

Дальнейшее развитие экономики передовых стран связано с повышением затрат электроэнергии на душу населения, при этом возрастает величина пиковых нагрузок суточного регулирования потребления электроэнергии.

Как известно, этот вид пиковых нагрузок наиболее эффективно реализуется на гидроэлектростанциях (ГЭС) и гидроаккумулирующих станциях (ГАЭС). Использование гидроэнергетических ресурсов экономически развитыми странами достигает 75-90%. Дальнейшая потребность в энергомощностях, работающих на пиковых нагрузках, осуществляется за счет строительства гидроаккумулирующих станций, хотя в цикле работы насоса и турбины теряется до (15-20%) саккумулированной энергии, но в данном вопросе пока альтернативы не существует.

Наиболее рациональным становится строительство на высокие напоры ГАЭС и ГЭС, при этом мощность достигается за счет повышенных напоров при относительно малых размерах бассейнов верхнего и нижнего бьефов.

В докладе рассматриваются возникающие проблемы, связанные с повышенными потерями энергии при применении радиально-осевых гидротурбин на напоры 500 и выше метров.

На основе полученных за последние годы более 10 патентов Украины, предлагаются наряду с новыми конструктивными решениями вопроса основные направления совершенствования рабочего процесса новых типов гидротурбин радиально-диагональных (РОД), РОД с сопловыми регулирующими поток органами с переменной высотой подводящего канала, способных не только уменьшить существенно потери энергии при подводе потока к рабочему колесу, но и обеспечить более равномерный поток во входном сечении рабочего колеса, что дает возможность получить ламинарный пограничный слой на большей части поверхности лопасти на режимах близких к оптимальному. Совершенствование рабочего процесса и, в частности, комбинаторной зависимости между регулирующими поток элементами позволяет существенно (на 25-75%) повысить пропускную способность (единичную мощность) гидротурбины и расширить диапазон эффективной эксплуатации по расходу.

МАЛОЗАТРАТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОНОМИЧНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И МАНЕВРЕННОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА

Пугачева Т.Н.

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

Техническое перевооружение действующих ТЭС является важным направлением повышения технического уровня электроэнергетики, эффективности и надежности энергоснабжения. Многие технические решения, заложенные в конструкцию при проектировании, являются устаревшими и не отвечают современным требованиям надежности и экономичности.

Одним из путей повышения экономичности и надежности работы турбин является усовершенствование и модернизация осерадиальных надбандажных уплотнений рабочих лопаток ЦВД и ЦСД. Целью реконструкции является повышение экономичности ЦВД и ЦСД при одновременном повышении надежности за счет снижения возможности задевания ротора о статор при увеличенных радиальных зазорах, уменьшении влияния причин, ведущих к возникновению переменных аэродинамических сил и низкочастотной вибрации ротора. Осерадиальные уплотнения практически не подвергаются износу, и при их внедрении повышается ремонтнопригодность и не требуется дополнительных затрат времени на восстановление уплотнительных гребней, как это требуется при радиальных уплотнениях. Образование уплотнительных усиков на бандажах рабочих лопаток возможно двумя способами: либо наплавкой на бандажи рабочих лопаток аргонодуговой сваркой, либо приваркой полос той же аргонодуговой сваркой.

В процессе эксплуатации турбин выявилась недостаточная надежность работы системы подачи и отсосов пара из концевых уплотнений, которая по мере износа уплотнительных гребней выражается в пропаривании, обводнении масла, короблении каминных камер ЦСД и ЦНД. Для устранения указанных дефектов организуется два коллектора подачи (ВД и НД) отдельно на высокотемпературные концы роторов (ЦВД и ПКУ ЦСД) и на низкотемпературные (ЗКУ ЦСД и ЦНД). На высокотемпературных концах используется принцип «самоуплотнения», т.е. при стационарном режиме работы турбины из всех камер уплотнений ЦВД и ПКУ ЦСД осуществляется отсос пара. Подача на эти уплотнения производится только при пусках, остановках и сбросах нагрузки.

Эффективным способом повышения маневренности турбины является применение системы обогрева фланцевых соединений турбины. Общая система обогрева включает две автономные системы по обогреву соответственно фланцев и шпилек ЦВД и ЦСД, которые могут работать как одновременно, так и раздельно. Источником обогревающего пара служит камера регулирующей ступени. Схема обогрева ЦСД выполняется из двух симметричных схем по обогреву, соответственно, правой и левой стороны цилиндра.

НАКОПЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В МЕТАЛЛЕ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРОВАВШИХСЯ РОТОРОВ

Пугачева Т.Н.

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

Объектом исследования являются цельнокованные роторы паровых турбин, эксплуатирующиеся при максимальной температуре металла до 540 °С. Значительная масса и частота вращения (3000 об/мин) определяют высокий уровень статистических напряжений, который достигает максимальных значений в ободу дисков в местах крепления лопаток и в центре ротора у поверхности осевого канала.

При пусках и остановах турбины на поверхности ротора возникают напряжения, достигающие в зонах концентрации напряжений значений предела текучести материала. При эксплуатации турбины в маневренном режиме накопление повреждений от малоциклового усталости соизмеримо с накоплением повреждений от ползучести. При исследовании элементов энергооборудования, изготовленных из низколегированных перлитных сталей, отмечается разупрочнение материала. Протекающие в металле процессы структурных и фазовых превращений приводят к уменьшению не только прочности при кратковременном разрыве, но и долговечности образцов, испытанных на длительную прочность, а также некоторых характеристик малоциклового усталости. Разупрочнение материала отмечается только в первый период эксплуатации, в дальнейшем (после 20-40 тыс ч) практически все основные свойства материала стабилизируются и сохраняются неизменными в течении последующего весьма продолжительного периода.

Накопление повреждений локализовано в тонком поверхностном слое детали. При приложении статистической или циклической нагрузки вблизи поверхности образуется пластически деформированный слой. Если приложенная нагрузка достигает предела текучести материала, то этот слой распространяется на все сечение. При протекании пластической деформации в приповерхностном слоенаряду с выходом дислокаций на поверхность металла на границе раздела пластически и упругодеформированного металла возникает избыток вакансий из-за отсутствия динамического равновесия зарождения и аннигиляции дислокаций. При повышенной температуре возможно слияние вакансий с образованием пор, концентрация которых также максимальна в подповерхностных слоях. Вблизи осевого канала ротора при достаточной пластичности материала наиболее вероятно зарождение трещин от ползучести в подповерхностном слое. В тепловых канавках следует ожидать зарождения трещин малоциклового усталости непосредственно на поверхности.

Периодическое снятие поверхностного слоя толщиной 100-200 мкм (пластически деформированный слой) позволяет практически полностью восстановить циклический ресурс ротора. Статистический ресурс ротора можно увеличить периодической проточкой поверхности, однако оптимальная глубина снимаемого слоя должна составлять уже примерно 2 мм.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ВИХРЕВОЙ СПОСОБ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВ – ПЕРСПЕКТИВА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЛОВ, СЖИГАЮЩИХ ВЫСОКОРЕАКЦИОННОЕ ТОПЛИВО.

Пугачева Т.Н.

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

Существенное влияние на работу топочных устройств оказывает качество угля, со снижением которого возникают проблемы с эксплуатацией котельно-топочного оборудования: ограничение производительности пылесистем вынуждает использовать дорогостоящее резервное топливо – мазут, газ, а это повышает себестоимость вырабатываемой энергии, кроме того, возникает проблема шлакования и загрязнения поверхностей нагрева, ухудшаются экономические и экологические показатели котельных установок.

Среди различных технологий сжигания топлива, разработанных в последние десятилетия (кипящий слой, арочная технология и др.) следует выделить низкотемпературный вихревой способ сжигания (НТВ), который относится к передовым технологиям, но при этом используя традиционный факельный топочный процесс и более совершенную аэродинамику. В основу метода заложен принцип организации активной зоны горения с многократной циркуляцией частиц топлива в условиях камерного сжигания. Топливоздушная смесь из горелки, наклоненной вниз, подается в нижнюю часть топки и взаимодействует со встречными потоками, вытекающими из воздушного сопла нижнего дутья, который установлен в нижней части топки по всей ее ширине и направлен вдоль ската холодной воронки под горелки. При этом организуется две зоны горения: вихревая и прямоточная. Вихревая зона горения расположена между соплами нижнего дутья и горелками. В ней происходит интенсивное вращательное движение потока газов с горизонтальной осью вращения, что обеспечивает в ней многократную циркуляцию и выгорание крупных и средних частиц топлива. При этом свежая топливоздушная смесь, подаваемая в топку через горелки, смешивается с горячими топочными газами, горячими частицами, что ведет к быстрому ее воспламенению и прогреванию. Прямоточная зона расположена в районе горелок над вихревой зоной. В ней выгорает основная часть мелких и средних фракций топлива. Таким образом, данная аэродинамика позволяет вовлекать в активный вихревой процесс горения всю нижнюю часть топки, распределить горение топлива по всему ее объему, что позволяет решать проблемы шлакования.

Реконструкция котла с применением НТВ технологии дала следующие результаты: устойчивое воспламенение и горение бурых углей; увеличение производительности и взрывобезопасности системы подготовки топлива за счет угрубнения помола, уменьшение удельного расхода электроэнергии на размол, увеличение межремонтного срока мельниц в три раза; работу топки без шлакования; снижение содержания оксидов азота в дымовых газах как минимум на 32% (в среднем на уровне 150-275 мг/м³); КПД котла (брутто) на уровне 86-87,6%.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА НА РЕЖИМ ОДНОЗОННОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ СРЫВА СТУПЕНИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА С НАДРОТОРНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Редин И.И.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Опытные исследования ступеней осевого компрессора (ОК) с надроторными устройствами (НРУ), проведенные в нашей стране и за рубежом, показали существенную их эффективность по смещению границы устойчивых режимов в сторону меньших расходов.

При этом изменение КПД зависело от параметров ступени и типа НРУ (наибольшее увеличение или снижение на 1...2 %).

Результаты исследований нестационарного течения в периферийной области венца рабочего колеса (РК) с НРУ в виде кольцевой канавки в корпусе над входными кромками лопаток показали появление вблизи границы по вращающемуся срыву характерных пульсаций полного давления с частотой, близкой к частоте однозонного вращающегося срыва (ОВС).

Установка НРУ смещала разрыв характеристики (при переходе на режим ОВС) в сторону меньших расходов на 3,5 % в сравнении с исходным вариантом – гладкой стенкой проточной части (ГПЧ) над РК.

На предсрывных режимах в полости кольцевой канавки появлялось периодически нестационарное течение, направленное в сторону вращения РК, интенсивность которого возрастала по мере приближения к границе по ОВС. Резкий скачок интенсивности течения наблюдался в области режимов (по расходу) между разрывами характеристик исходной ступени (ГПЧ) и с НРУ.

Анализ полученных опытных результатов позволил сформулировать механизм перехода на режим ОВС ступени с НРУ. На предсрывных режимах образуется устойчивая фаза периферийного слабого частичного однозонного срыва без разрыва характеристики.

Эффективность НРУ в виде кольцевой канавки над входными кромками лопаток РК проверена в системе десятиступенчатого осевого компрессора (МОК).

Анализ изменения опытных характеристик МОК с НРУ в системе всех десяти ступеней показал аналогию с результатами исследований на одноступенчатом компрессоре. На расчетном режиме КПД вырос на 1,5% при сохранении степени повышения полного давления.

Граница газодинамической устойчивости сместилась в сторону меньших расходов на 2,5%. При этом на устойчивом режиме, отстоящем от границы устойчивых режимов на 3% по расходу воздуха, регистрировался слабый вращающийся срыв, локализованный в первой ступени.

Эти исследования показали возможность выделения ступени, имеющей минимальный запас газодинамической устойчивости в системе многоступенчатого компрессора.

ВЫБОР МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕМЕНТАХ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГИДРОМАШИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА CFD

Резвая К.С., Дранковский В.Э., Дорошенко А.В.

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

В настоящее время в программных продуктах расчета потока жидкости через проточные части гидравлических машин реализованы разные математические модели. Одним из важнейших параметров, который учитывается при постановке задачи и выборе граничных условий, является модели турбулентности. При расчетном исследовании гидромашин с использованием программного комплекса CFD возможно задание следующих моделей турбулентности: k - ε модель, k - ω модель, SST модель (Shear Stress Transport), RSM модель (Reynolds Stress Model).

В данной работе ставится задача сравнить несколько моделей турбулентности с целью определения отличий в результатах расчетов параметров потока и потерь энергии в подводящей части высоконапорной гидромашин.

Проведено сравнение двух моделей турбулентности (k - ε модель и SST модель).

При использовании k - ε модели турбулентности на результаты расчета сильно влияет расстояние, на которое удалены от твердой стенки ближайшие к ней узлы расчетной сетки. Первые узлы расчетной сетки должны попадать на границу вязкого подслоя, поэтому при подготовке расчетной сетки проводилось сгущение элементов вблизи входных и выходных кромок лопаток статора и направляющего аппарата.

SST (Shear Stress Transport) модель переноса сдвиговых напряжений, она комбинирует преимущества базовых моделей k - ε и k - ω . Данная модель применяется, когда требуется хорошее решение в пристеночных слоях.

При проведении численных исследований элементов проточной части (спиральная камера, статор и направляющий аппарат) создавалась расчетная сетка для построенной ранее трехмерной модели. Была построена тетраэдральная сетка с призматическими слоями в пристенных областях и в пограничном слое. Для k - ε модели турбулентности $y^+ \leq 100$, толщина первого слоя у стенки = 0.2, количество слоев = 12. Для SST модели турбулентности $y^+ \leq 2$, толщина первого слоя у стенки = 0.005, количество слоев = 18.

Были определены коэффициенты сопротивлений подводящей части гидромашин для различных режимов работы гидравлической турбины.

Результаты с использованием SST модели турбулентности отличаются от результатов расчетов по k - ε модели на 6-8%.

РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З СІРКОВОДНЮ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ЗМІННОЇ АМПЛІТУДИ

Ржевська А.Л., Кулик О.П., ¹Ткаченко В.І.

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

¹Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут», м. Харків

В даний час проблема пошуку альтернативних і разом з тим екологічно чистих джерел енергії може бути віднесена до числа найбільш актуальних енергетичних проблем України. Одним з перспективних напрямків її вирішення є добування водню з сірководню, запаси якого в достатній кількості накопичені в Чорному морі. В цьому випадку одночасно вирішуються дві проблеми: екологічна (очищення Чорноморського басейну від сірководню) і енергетична (використання водню в енергетичних установках).

В даній роботі розглянуто один із способів найбільш оптимального отримання водню. Запропонована розрахункова модель отримання водню з сірководню під дією електричного поля змінної амплітуди. Розглянуто вплив електричного поля, напруженість якого змінюється у часі, як послідовність дотичних один до одного імпульсів, амплітуди яких зростають за лінійним або експоненціальним законом з різною шириною кожного імпульсу.

Для вирішення поставленої задачі реальна молекула сірководню замінена її двовимірним аналогом – віртуальною молекулою. Запропонована віртуальна молекула сірководню відрізняється від реальної тим, що у неї перенормовані, тобто змінені, довжини зв'язків і маси атомів сірки і водню, а основні власні частоти її коливань обрані такими, що збігаються з частотами реальної молекули. Таке перенормування викликано необхідністю спрощення розрахунків в розрахунковій моделі, оскільки всі рухи атомів молекули двовимірні.

Задача розкладення віртуальної молекули сірководню розв'язана чисельно. Для цього складалась система рівнянь руху атомів молекули в потенціальному полі Морзе. В результаті перенормування параметрів реальної молекули визначались параметри віртуальної молекули. Розв'язувалась задача на власні значення віртуальної молекули і розраховувались параметри, за яких спостерігаються її стійкі коливання. Після визначення стійких режимів коливань досліджувався вплив на віртуальну молекулу зовнішнього електромагнітного поля, напрямом вектора напруженості електричного поля якого по відношенню до осі симетрії віртуальної молекули міг змінюватися від 0 до 2π . При чисельному моделюванні амплітуда напруженості електричного поля змінювалась у часі як послідовність дотичних прямокутних імпульсів різної тривалості, амплітуди яких зростали за заданим законом.

Таким чином, в роботі визначені характерні параметри імпульсів електромагнітного поля, а також кути їх впливу на віртуальну молекулу, за яких спостерігається розрив усіх зв'язків H – S та H – H, або лише зв'язку H – SH. Знайдено найбільш оптимальні форми і сили впливу електромагнітного поля на молекулу сірководню.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ ОБОЛОЧКИ СТЕРЖНЕВОГО ТВЭЛА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

Ромашов Ю.В., Поволоцкий Э.В.

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

Определение напряженно-деформированного состояния необходимо для моделирования поведения оболочки твэла и требует решения соответствующим образом сформулированной задачи механики деформируемого твердого тела с учетом геометрической формы, условий закрепления, внешних воздействующих факторов, характеристик материала. Целью данной работы является изучение возможностей метода конечных разностей для решения задачи определения напряженно-деформированного состояния оболочек твэлов ядерных реакторов.

Напряженно-деформированное состояние оболочки рассматривается в рамках известных гипотез осесимметричной плоской деформации. Рассматриваются различные математические формулировки задачи о напряженно-деформированном состоянии оболочки твэла. Показано, что более перспективной является формулировка с независимыми неизвестными напряжениями и перемещением, поскольку в ней отсутствуют производные температурных зависимостей характеристик материала.

Для решения задачи о напряженно-деформированном состоянии оболочки твэла можно использовать различные известные численные методы решения краевых задач. Применение методов Галеркина оказалось весьма эффективным при решении некоторых задач о ползучести элементов энергоустановок. В то же время методам Галеркина присущи недостатки, связанные с чувствительностью результатов к погрешностям вычислений, трудностями обоснования выбора пробных функций. Применение метода конечных разностей оказывается более простым, чем использование методов Галеркина за счет отсутствия необходимости интегрирования в исследуемой области, а также необходимости в библиотеках пробных функций и за счет ленточной структуры матрицы системы линейных алгебраических уравнений относительно узловых значений. Опыт японских специалистов свидетельствует об эффективном применении метода конечных разностей при моделировании поведения оболочек твэлов.

Применение метода конечных разностей является весьма перспективным для решения задач об определении напряженно-деформированного состояния оболочек твэлов. Хотя метод конечных разностей считается хорошо изученным, использование этого метода для дифференциальных уравнений, отвечающих математической формулировке с независимыми неизвестными напряжениями и перемещением, в литературе мало изучено в настоящее время, хотя именно такие формулировки представляют наибольший интерес.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА ЗІ СПЛІТТЕРОМ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВОЇ НАСОС-ТУРБІНИ

Русанов А.В., Хорєв О.М., Агібалов Є.С., Мосцевенко Ю.Б.

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної
академії наук України, м. Харків*

Аналіз сучасних літературних джерел показав, що одним із методів рішення 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. Виявлено, що питання впливу геометричних параметрів робочих коліс насос-турбін із спліттером (число лопатей, відносна довжина спліттера, розташування його в каналі та ін.) вивчено не достатньо повно та потребують подальших досліджень.

Розроблено методику проектування робочих коліс радіально-осьового типу зі спліттером. Профілювання лопаті здійснюється шляхом чисельного рішення диференціального рівняння лінії току в плані

$$d\theta = \frac{ds}{r \operatorname{tg}\beta},$$

де r , β – значення радіусу і лопатевого кута в i -ій точці перетину, s – довжина лінії току в меридіональній проекції.

Побудовано тривимірну геометричну модель робочого колеса насос-турбіни середньої швидкохідності із спліттерами різної довжини.

Передбачається провести експериментальні та чисельні дослідження впливу довжини спліттера на структуру потоку та енергетичні показники проточної частини в турбінному та насосному режимах. Модель робочого колеса діаметром 350 мм буде роздруковано на 3D-прінтері.

Експериментальні дослідження планується провести на гідродинамічному стенді ІПМаш НАН України, який за своїми параметрами і обладнанням є унікальною спорудою, відповідає всім рекомендаціям міжнародного стандарту ІЕС 60193 та має статус «національного надбання».

Чисельні дослідження проводитимуться за допомогою програмного комплексу *IPMFlow*, розробленому у ІПМаш НАН України. Моделювання в'язкої течії нестисливої рідини виконуються на основі чисельного інтегрування рівнянь Рейнольдса з додатковим членом, що враховує штучну стисливість. Для врахування турбулентних ефектів використовується диференціальна двопараметрична модель *SST* Ментера.

Чисельне інтегрування рівнянь проводиться за допомогою неявної квазімонотонної схеми Годунова другого порядку апроксимації за простором і часом.

Результати досліджень буде оприлюднено на наступних конференціях.

ГІДРОДИНАМІЧНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТОЧНИХ ЧАСТИН ОСЬОВИХ ГІДРОТУРБІН ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ НАВАЛІВ РОБОЧОГО КОЛЕСА

Русанов А.В., Хорєв О.М., Косьянов Д.Ю., Рябова С.О., Сухорєбрий П.М.

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної
академії наук України*

ВАТ «Турбоатом», Харків

В ППМаш НАН України проведено дослідження впливу окружних та осьових навалів лопатей робочого колеса (РК) на характеристики потоку в проточній частині (ПЧ) осьової гідротурбіни [1]. З метою отримання ПЧ з максимальними енергетичними показниками було розроблено серію РК з комбінованими навалами лопатей – одночасно з окружними та осьовими. Проведено дослідження ПЧ з дев'ятьма різними комбінаціями значень навалів РК; окружний: $\gamma_U = +30^\circ; +20^\circ; +10^\circ$; осьовий: $\varphi_U = +5^\circ; +10^\circ; +15^\circ$.

Дослідження за допомогою програмного комплексу *IPMFlow*. Моделювання в'язкої течії нестисливої рідини виконано на основі чисельного інтегрування рівнянь Рейнольдса з додатковим членом, що містить штучну стисливість. Для врахування турбулентних ефектів використано диференціальну двопараметричну модель SST Ментера. Чисельне інтегрування рівнянь проведено за допомогою неявної квазімонотонної схеми Годунова другого порядку апроксимації за простором і часом.

Для визначення залежності ККД від значень комбінованого окружного ($\gamma, ^\circ$) та осьового ($\varphi, ^\circ$) навалів вибрано квадратичну залежність:

$$\bar{\eta}(\varphi, \gamma) = a_0 + a_\varphi \bar{\varphi} + a_\gamma \bar{\gamma} + a_{\varphi\varphi} \bar{\varphi}^2 + 2a_{\varphi\gamma} \bar{\varphi}\bar{\gamma} + a_{\gamma\gamma} \bar{\gamma}^2.$$

Побудовано лінії рівних ККД та визначено екстремум з координатами $\gamma = -14,21^\circ$ та $\varphi = +7,71^\circ$. Розроблено лопатеву систему РК з такими значеннями навалів.

Проведено чисельні дослідження в ПЧ з модернізованим РК при п'яти розрахункових режимах при оптимальному куті установки лопаті $\varphi_L = 15^\circ$. Показано, що просторове профілювання лопаті РК за допомогою комбінованих навалів дозволило підвищити значення ККД і потужності практично у всьому діапазоні режимів.

Роботу виконано в межах наукового завдання ОБ.4.2 «Підвищення ефективності та збільшення потужності осьових поворотно-лопатевих гідротурбін ПЛ20, призначених для модернізації ГЕС Дніпровського каскаду» цільової програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічні основи енергетичного співробітництва між Україною та Європейським Союзом» («Об'єднання-3»).

Література:

1. Русанов А.В. Гидродинамическое совершенствование проточных частей осевых гидротурбин при помощи пространственного профилирования лопастей рабочих колес/ А.В. Русанов, О.Н. Хорев, С.А. Рябова Д.Ю. Косьянов, П.Н. Сухорєбрий // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків, 2016. – № 41 (1213). – С. 49 – 57.

РОЗРОБКА 3D ДИЗАЙНУ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ОСЕРАДІАЛЬНОГО КОМПРЕСОРА

Русанов А.В., Чугай М.О.

Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України, Харків

Розроблено методику проектування 3D дизайну високоефективних проточних частин осерадіальних компресорів. Методику засновано на методі аналітичного опису 3D геометрії проточних частин на базі обмеженої кількості параметризованих величин, а також моделювання просторових в'язких течій.

Розрахунки просторових в'язких течій виконується на основі чисельного інтегрування рівнянь Рейнольдса за допомогою неявної квазімонотонної схеми Годунова підвищеної точності. Для врахування турбулентних ефектів використовується двопараметрична модель турбулентності Ментера. Модель реалізовано у програмному комплексі *IPMFlow*.

За допомогою розробленого методу створено проточну частину нового типового робочого колеса, що працює у складі турбодетандерного агрегату установки комплексної підготовки газу. Висока газодинамічна ефективність проточної частини досягається завдяки суттєво просторовій формі робочих коліс осерадіального компресору зі складними навалами вхідних та вихідних кромки.

На відміну від існуючого типового робочого колеса в новій конструкції значно сприятливіша структура течії, в якій практично відсутні відриви потоку, що забезпечує високий рівень аеродинамічної досконалості. Проточна частина нового робочого колеса перевершує прототип за ККД в усьому діапазоні режимів роботи, у тому числі в розрахунковій точці більш ніж на 6 %.

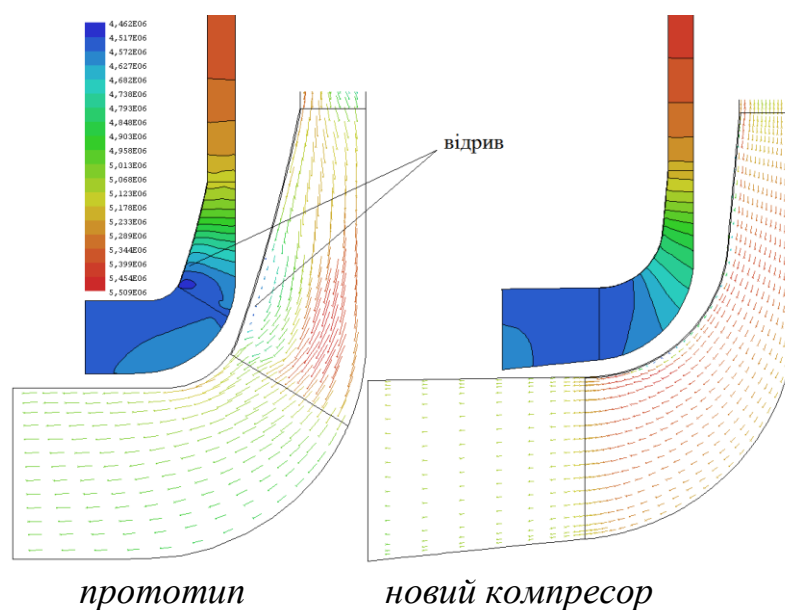


Рис. Візуалізація статичного тиску і векторів швидкості в проточній частині компресора

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕЛІОКОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ м. ХАРКОВА

Сторож Л.О., Алексахін О.О., Єна С.В.

Український державний університет залізничного транспорту

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У даний час основними способами прямої утилізації сонячної енергії є перетворення її в електричну і теплову. Пристрої, що перетворюють сонячну енергію в електричну, називають фотоелектричними, а пристрої, що перетворюють сонячну енергію в теплову, - термічними. Все більшого поширення набувають гібридні або комбіновані системи, що поєднують функції фотоелектричних і термічних пристроїв. Когенерація – комбіноване вироблення електричної і теплової енергії з одного і того ж первинного джерела енергії – для геліоустановок забезпечує зменшення площі, яку займає геліоустанова.

Розглянута у роботі геліокогенераційна установка передбачає наявність фотоелектричних перетворювачів і термічного геліоколектора для нагрівання води для потреб гарячого водопостачання. Особливістю схеми є те, що охолоджувач для фотоелектричних перетворювачів є ступенем попереднього підігріву теплоносія теплового геліоколектора. У підігрівнику відбувається нагрівання антифризу до відповідної температури, після чого він надходить до теплових колекторів і догрівається до температури, необхідної для гарячого водопостачання. Нагрітий у тепловому колекторі теплоносії насосом подають до баку-акумулятора, який одночасно виконує функцію теплообмінника. Бак-акумулятор має теплову ізоляцію і датчики рівня. Щоб постачання гарячої води не залежало від погодних умов, у конструкції баку передбачені електронагрівачі (ТЕН).

На основі даних метеорологічних спостережень здійснено оцінку величини сонячної радіації для кліматичних умов м. Харкова, обчислено середнє за кожний з місяців року денне надходження сумарної і дифузної сонячної радіації, визначено конструктивні параметри фотоелектричних перетворювачів. За характеристиками системи гарячого водопостачання учбового корпусу №4 УкрДУЗТ обчислено необхідну площу поверхні теплових колекторів. Витрати гарячої води визначено з урахуванням вірогідності включення водорозбірних приладів системи гарячого водопостачання. Для прийнятого добового графіка споживання гарячої води розроблено інтегральний графік витрачання теплоти й на його основі визначено об'єм баку. Проаналізовано зміну температури і кількості води у баку-акумуляторі впродовж доби. Аналіз теплових режимів акумулятора дозволив визначити тривалість періодів його роботи з використанням ТЕН і обсяги спожитої ними електроенергії.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА

¹Стричек Я., ²Лурье З.Я., ³Соловьев В.М., ¹Антоньяк П.

¹«Вроцлавская политехника», г. Вроцлав

*²Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*³Государственное предприятие «Харьковское конструкторское бюро по
машиностроению им. А.А. Морозова», г. Харьков*

Математическое моделирование стало одним из мощных инструментов в решении самых разнообразных научных и инженерных задач и исследованиях. Вопрос достоверности (адекватности) математических моделей (ММ) натурным образцам стал важной научной и экспериментальной проблемой. Повышение качества моделей достигается с помощью постановки и решения задач идентификации. Уже накоплен большой арсенал методов и алгоритмов идентификации в теории автоматического управления, механических систем в машиностроении. Предложена многокритериальная идентификация на базе метода исследования пространства параметров.

Настоящая работа посвящена постановке и решению обратной задачи многокритериальной идентификации на примере экспериментального шестеренного насоса внешнего эвольвентного зацепления (НШ) с прозрачным корпусом, разработанный в «Вроцлавской политехнике» (Польша).

Предложена математическая модель шестеренного насоса в рамках законов механики твердого тела, которая включает:

- уравнения зарубежных и отечественных исследователей зубчатого зацепления (ЗЗ) механических передач;
- дополнительные уравнения, учитывающие особенности зубчатого зацепления в составе шестеренного насоса (рабочего объема, зависимости коэффициента профильного смещения от межосевого расстояния, жесткие требования к коэффициенту перекрытия);
- параметрические и функциональные ограничения;
- пять критериев адекватности, критериальные ограничения реального объекта к его математической модели.

На основе модели поставлена и поэтапно решена обратная задача многокритериальной идентификации по определению трех неизвестных параметров (h_f^* – коэффициента высоты ножки зуба, J_n – бокового зазора, C – радиального зазора) экспериментального НШ. Достигнутая точность решения (по значениям критериев адекватности к значениям известных параметров объекта) в среднем равна 0,2%. Выполненные расчеты геометрии ЗЗ наилучшего решения с использованием предложенной математической модели и диалоговой программы ОПТ, и результатов расчета программы KISSsoft (Швейцария) подтвердили близость моделей и достаточную для практики точность.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИХЛОПНИХ ПАТРУБКІВ ПАРОВИХ ТУРБІН З ВДУВАННЯМ ПОТОКУ В ДИФУЗОРІ

**Субботович В.П.¹, Юдін Ю.О.¹, Лапузін О.В.¹, Юдін О.Ю.¹,
Швецов В.Л.²**

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

*²ПАТ «Турбоатом»,
м. Харків*

Наведено результати розрахункових аеродинамічних досліджень дифузора, характерного для вихідних патрубків сучасних парових турбін. Розрахунки виконані в осесиметричній постановці для трьох варіантів повороту потоку в збірну камеру вихлопного патрубка [1, 2]. У розрахунках варіювалися параметри спеціального вдування потоку на зовнішньому обводі дифузора і враховано надбандажне протікання.

Проведено аналіз наступних характеристик: коефіцієнта імпульсу струменя вдування потоку, коефіцієнтів втрат дифузора – повних, внутрішніх і з вихідною швидкістю. Показано, що основний вплив на рівень повних втрат дифузора надає втрата з вихідною швидкістю, що пов'язана з характером течії і наявністю відривних циркуляційних зон, а на течію у дифузорі і неосесиметричній збірній камері вихлопного патрубка істотно впливають параметри вдування потоку.

Визначено оптимальні параметри струменя вдування з урахуванням виходу потоку з вихлопного патрубка в конденсатор підвального типу. Надано рекомендації щодо поліпшення аеродинамічних характеристик дифузора за рахунок зміни конструкції в області спеціального вдування потоку. Зміна по колу розміру вихідної щілини кільцевого каналу при незмінній загальній площі виходу пари дозволяє при безвідривному обтіканні обичайки дифузора зменшити втрати від змішування в збірній камері і окружну нерівномірність тиску за останнім ступенем, що призводить до зниження повних втрат вихлопного патрубка.

Використання запропонованих рекомендацій для організації спеціального вдування потоку вологопарової суміші, що видаляється з периферійної частини останнього ступеня, дозволяє підвищити економічність вихлопної частини парової турбіни з підвальним розташуванням конденсатора при збереженні ерозійної надійності останнього ступеня циліндра низького тиску.

Література:

1. Юдин А.Ю. Исследование осесимметричных диффузоров выходных патрубков турбомашин со специальным вдувом потока [Текст] // Авиационно-космическая техника и технология, 2011. – №3(80). – С.80–84.
2. Юдин Ю.А. Влияние надбандажной протечки на аэродинамику вихлопного патрубка ЦНД паровой турбины при изменении противодавления [Текст] / Ю.А. Юдин, В.П. Субботович, А.В. Лапузин, А.Ю. Юдин // Вестник НТУ «ХПИ», Х.: НТУ «ХПИ», 2010. – №2. – С. 70–74..

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРОБКИ ЗАМАСЛЯНОЇ ОКАЛИНИ З ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВІДСТІЙНИКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Тарасенко О.М., Кулага С.Ю.

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

Прокатна окалина являє собою цінну вторинну металургійну сировину для підприємств чорної металургії, тому що вміст заліза в ньому більше 60 % та після агломерації може бути сировиною для доменного виробництва.

Прокатна окалина, що утворюється в процесі нагрівання і прокатки сталі, змивається гідротранспортом у горизонтальні відстійники. Валки та підшипники прокатних станів змащуються масляною емульсією, частина масла і вологи залишаються в окалині, що робить її непридатною для подальшого використання. В даний час на металургійних заводах масловмісну окалину (через високий відсоток вмісту в ній масла) скидають в відвали, тому що не існує відпрацьованої високоефективної технології її переробки. Відстійники прокатної окалини становлять велику небезпеку для екологічної обстановки навколишнього середовища, так як масловмісна прокатна окалина є токсичною.

Запропонована технологія утилізації передбачає прокалювання забрудненої окалини в барабанній печі. Для забезпечення стабільної роботи печі в неї подається природний газ в кількості $b = 20 - 25 \text{ м}^3/\text{т}$ окалини. Відхідні гази на виході з барабанної печі мають температуру $1200 - 1300 \text{ }^\circ\text{C}$ та направляються в котел-утилізатор для виробництва пари.

Застосування установки дозволить видаляти з окалини вологу та масло для подальшої переробки в агломерат для доменних печей, а також отримувати пар за рахунок тепла відхідних газів.

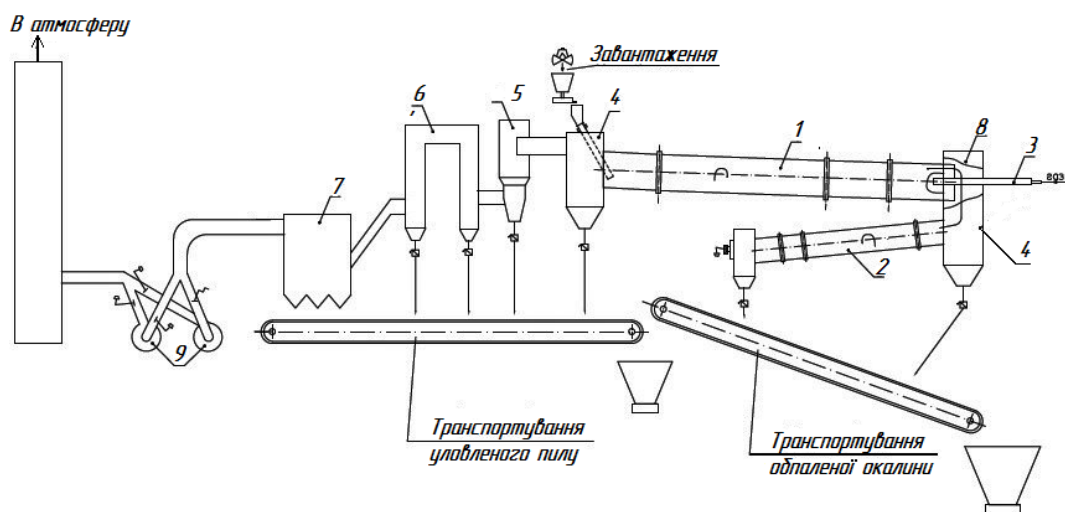


Рисунок 1 – Схема установки для прокалювання замасленої окалини

1 – обертова піч; 2 – барабанний холодильник; 3 – водоохолоджувальний пальник;
4 – завантажувальна головка; 5 – циклон пилоосаджувач – камера опалювання; 6 – котел-утилізатор; 7 – фільтр; 8 – розвантажувальна головка; 9 – димосос.

ВПЛИВ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛОСКОГО ГЕЛІОКОЛЕКТОРА НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ

Тарасенко О.М., Угольников С.В., Шумяка Н.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Раціональне використання енергоресурсів має велике значення в сучасних економічних умовах, з огляду на високу вартість енергоносіїв і зростання вимог до екології довкілля. За рахунок використання системи геліоколекторів в теплий період року, які будуть отримувати сонячну енергію і за її рахунок будуть нагрівати воду, можна буде не використовувати котельню і відповідно, зекономити такий дорогий вид палива, як природній газ. Крім того, використання сонячної енергії покращує екологічну ситуацію району споживання теплової енергії за рахунок зниження обсягів викидів забруднюючих речовин, до яких відносяться продукти згоряння органічного палива.

Прихід сонячної енергії на територію України для різних сезонів року і регіонів становить приблизно від 200 до 2000 Дж/(см² добу), що відповідає 290 до 1200 кВт · ч / м². Разом з тим, впровадження таких установок йде повільними темпами, що пояснюється досить високими вартісними показниками. Також, слід зазначити і нестабільність сонячного випромінювання в багатьох регіонах України, що в приходить до непостійності вихідних параметрів. Для зменшення терміну окупності представляється доцільним розробка таких конструкцій сонячних колекторів, які дозволяють б мінімізувати витрати на їх виготовлення, монтаж і обслуговування.

Розглянуто вплив кута нахилу геліоколектора на сумарну кількість денної енергії, що припадає на сонячний колектор, і необхідну площу геліополя для забезпечення необхідної потужності. Для умов експлуатації у північній широті 50°, при необхідній витраті гарячої води 10 м³/добу з початковою температурою води 13 °С і кінцевою температурою 55 °С, було визначено – оптимальний кут нахилу геліоколектора до горизонтальної поверхні, який склав $\beta = 35^\circ$, при цьому загальна площа геліополя склала 64,33 м².

Проведено аналіз впливу товщини теплової ізоляції на теплові втрати з променевої та тіньової сторони геліоколектора і бака-акумулятора. Проведено аналіз впливу товщини зазору на теплові втрати та надано рекомендації щодо вибору кількості скляних покриттів, які можна використовувати при виконанні компоновочного розрахунку геліополя

Були проведені багатоваріантні розрахунки, які дозволили визначити перелік параметрів, які найбільш суттєво впливають на роботу геліоколектора та характер їх впливу на його ефективність. Отримані залежності дозволяють підібрати оптимальні розміри плоского геліоколектора, що дозволить зменшити сумарну площу геліополя.

РОЗРОБКА ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ВЕЛЬЦ-ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Тарасенко О.М., Юрко В.В.

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

Переробка і утилізація відходів, які містять в собі важкі і кольорові метали, на сьогоднішній день є важливим екологічним аспектом. В світі протягом тривалого часу на відвалах і шламосховищах спеціалізованих підприємств складається велика кількість металовмісних відходів різних металургійних виробництв у вигляді техногенних полігонів. До складу таких відходів часто входять токсичні компоненти, які чинять негативний вплив на навколишнє середовище і вони відносяться до I класу небезпечних речовин. Актуальним заходом є запровадження технологій утилізації, що дозволяють витяг токсичних елементів з шламів, а також регенерації металовмісної сировини для подальшого її повернення у виробництво чистих металів (рециклінг).

Запропонована технологія передбачає витяг оксидів цинку і свинцю з гранульованих шламів (окатишів) пірометалургічним методом шляхом їх термічного відновлення у вельц-печі. Окатиші виробляються з шихти вологістю 30,7 %, потім суміш напівпродуктів попередньо сушиться до 16 % та змішується з коксовим дріб'язком, вапном і бентонітом. Перед завантаженням у вельц-піч окатиші сушаться до кінцевого вмісту води 0,5 %.

Сутність вельц-процесу полягає в переробці поліметалічних відходів металургійного виробництва, у обертовій трубчастій печі з температурою, при якій метал, що вилучається, сублімується. У процесі сублімації попередньо підготовлені матеріали (окатиші) в суміші з відновником, який вміщує вуглець (кокс) нагрівають при неперервному перемішуванні у вельц-печі до 1200–1300 °С. У високотемпературній зоні металургійних реакцій свинець і цинк, сублімуються і переходять в пароподібний стан і окислюються над шаром шихти киснем і вуглекислою. Утворені оксиди металів несуться потоком газів з печі і осідають на пиловловлюваних пристроях, у нашому випадку вельц - окис осідає на поверхні петлевого повітрепідігрівача, а потім вловлюється на рукавному фільтрі газоочистки. Отримані сублімати представляють продукт збагачений свинцем в цинком і є цінним матеріалом який збирається в бункер і вивозиться на спеціалізований металургійний завод для подальшої переробки і отримання чистих металів цинку і свинцю з окислів.

Головною особливістю вельц-процесу є те, що в ньому ендотермічні реакції відновлення оксидів суміщені в часі з екзотермічними реакціями окислення відновлених субліматів.

Технологічний процес по запропонованій технології надійно здійснюється без використання природного газу.

Таким чином стало можливим переробляти відходи металургії і отримувати вельц - окис, що являється цінним матеріалом при подальшому вилученні цинку і свинцю.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА

Угольников С.В., Павлова В.Г.

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

Воздушный тепловой двигатель с внешним подводом теплоты и полной регенерацией - «двигатель Стирлинга» - запатентован более двухсот лет назад, но в связи с его уникальными характеристиками интерес к нему в последнее время возрастает. К достоинствам стирлинга относятся: «всеядность» по источникам теплоты; относительная простота конструкции, обеспечивающая уникально большой ресурс; высокая экономичность и экологичность процессов.

Двигатель Стирлинга не имеет каких-то частей или процессов, которые могут способствовать загрязнению окружающей среды. Его экологичность обусловлена прежде всего экологичностью источника тепла. Даже при работе на жидком нефтяном топливе токсичность продуктов сгорания стирлинга меньше чем у других двигателей (см. таблицу).

Возможность эффективного сжигания топлива, относительно небольшая скорость продуктов сгорания и высокая постоянная температура стенок обеспечивают фактически полное сгорание топлива и минимальное содержание в выбросах окиси углерода и углеводородов. Стационарность процесса горения и меньшая (по сравнению с ДВС) величина пика температур обеспечивают меньшую концентрацию окислов азота в выбросах.

Принцип действия стирлингов позволяет не снижая их экономичности еще больше снизить эмиссию окислов азота путем подачи в камеру сгорания избытка воздуха (до $\alpha=1,5...1,6$), организацией рециркуляции продуктов сгорания (до 30%); предварительным регенеративным подогревом воздуха горения (до 600...700°C).

Тип двигателя	Токсичные составляющие, г/(кВт·ч)		
	NO _x	CO	C ₆ H ₁₄
Стирлинга	0,5 - 1,0	0,25 - 1,0	0,0075 - 0,045
Газовая турбина	3,5 - 10,0	10,0 - 18,0	0,06 - 0,36
Дизель	2,0 - 10,0	10,0 - 25,0	3,0 - 60,0
Карбюраторный	3,0 - 10,0	20,0 - 200,0	75,0 - 100,0

К сожалению, во всех работах по двигателях Стирлинга при исследовании их токсичности практически не видно учёта современных достижений в области снижения токсичности уходящих газов котлов и печей, хотя процессы горения в них аналогичны. Это сказывается на глубине исследования токсичности двигателей Стирлинга, малое значение которой является одним из главных преимуществ этих двигателей перед ДВС.

НАДІЙНІСТЬ ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТІВ МЕТАЛОРИЗАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

Фатєєва Н.М., Фатєєв О.М.

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

В останні роки намітилася тенденція розширення сфери застосування гідропневмоагрегатів і збільшення кількості машин і устаткування, які оснащені гідропневмопристроями, тому з особливою гостротою встало питання про забезпечення надійності гідропневмоагрегатів і їх елементів.

Підвищення надійності та поліпшення й спрощення процесу вибору кращого варіанта гідропневмоагрегатів металорізального устаткування на етапі проектування шляхом проведення синтезу схем з врахуванням кількісних показників надійності і розподілу нормованих показників надійності, є актуальною науково-практичною проблемою.

Розподіл норм надійності проводять на етапах ескізного і робочого проектування технічної системи. Передбачається, що на будь-якому з цих етапів конструювання систему можливо розбити на деяке число підсистем у вигляді окремих складальних одиниць і виходити з початкової надійності кожної підсистеми, отриманої розрахунком або за результатами випробувань підсистеми. Для гідропневмоагрегатів, які синтезовані методом стандартної позиційної структури (СПС), розподіл нормованих показників надійності на етапі проектування переважно провадити двома методами: методом пропорційного розподілу й методом розподілу вимог по надійності з урахуванням відносної уразливості елементів. Для гідропневмоагрегатів, які синтезовані методом мінімізації, розподіл нормованих показників надійності на етапі проектування переважно провадити методом розподілу вимог по надійності з урахуванням відносної уразливості елементів. Отримані алгоритми для розподілу нормованих показників надійності на етапі проектування для гідропневмоагрегатів, реалізованих методом СПС і методом мінімізації, дозволяють вже на ранніх стадіях проектування гідропневмоагрегатів нормувати показники надійності, що дає можливість отримувати оптимальні рішення питань надійності на наступних етапах розробки життєвого циклу агрегату.

При аналізі гідропневмоагрегатів як систем, що складаються з деякого числа елементів, зручно використовувати такий показник, як ймовірність безвідмовної роботи, який відноситься до кількісних показників надійності. Обрані методи розрахунку і визначення розрахункових співвідношень для знаходження кількісних характеристик показників безвідмовності проєктованих гідропневмоагрегатів, реалізованих методом СПС і методом мінімізації, дозволяють проєктувати високонадійні гідропневмоагрегати нового металорізального обладнання.

Оцінка показників надійності гідропневмоагрегатів на етапі ескізного проектування дозволяє здійснити раціональний вибір конструктивної схеми і параметрів, підібрати відповідні матеріали і елементи реалізацій схем.

ТЕПЛОФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ТЕПЛОВОГО МОДУЛЯ З КОНЦЕНТРАТОРОМ

Филенко В.В.

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
м. Харків*

Основною перешкодою ефективному використанню енергетичного потенціалу сонячного випромінювання (СВ) в сучасних умовах є його низька інтенсивність та низька ефективність фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). Подолати ці перешкоди можливо шляхом концентрування випромінювання, що, у поєднанні з іншими заходами, дозволить наблизити ККД перетворювачів сонячної енергії до термодинамічної межі. Достовірність даного твердження доведено для теплових та квантових перетворювачів енергії сонячного випромінювання [1]

Особливість взаємодії СВ з сучасними ФЕП полягає лише у частковому перетворенні енергетичного потоку в електричну енергію, при цьому різні види ФЕП використовують для цього різну частину спектру СВ. Решта енергії СВ перетворюється в тепло, що негативно впливає на ефективність роботи ФЕП. Підвищення ефективності роботи фотоелектричних установок вимагає не лише врахування теплоенергетичної моделі, а й аналізу спектральної чутливості на етапах концентрування сонячного випромінювання, його перетворення у ФЕП та нагріванні фотоприймаючої поверхні. Особливу увагу слід приділити зоні спектральної чутливості сонячних елементів, спектральну пропускну здатність скла та спектральний коефіцієнт відбиття робочої поверхні концентратора.

Фотоелектричний тепловий модуль виконаний у двох варіантах. Перший на основі промислового полікристалічного фотоелектричного модуля JKM235P-60, другий – монокристалічного фотоелектричного модуля SOLARWATT M30-36 GET АК. В обох варіантах використано тепловий абсорбер проточного типу з товщиною каналу близько 5 мм, розміщеного на тильному боці фотоелектричної панелі та стаціонарний параболоциліндричний концентратор.

В роботі представлено тепловий розрахунок когенеративного фотоелектричного теплового модуля з концентратором виконаний згідно схеми заміщення методом ітерації з використанням СОМ.

Тепловий розрахунок є основою для розрахунку тепло-фотоелектричного коефіцієнта корисної дії запропонованого комплексу.

Література:

1. Карло Ля Порта. Возобновляемые виды энергии: последние коммерческие успехи в США и перспективы в будущем / Карло Ля Порта // Науч. и техн. аспекты охраны окружающей среды: Обзор, инф.- ВІШТИ, 1995.-

ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ ВИКОНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ГРОМАДСЬКОЇ СПОРУДИ

Чаговець Ю.В., Алексахін О.О., Гордієнко О.П.

Український державний університет залізничного транспорту

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У роботі проведено порівняння варіантів системи опалення будівлі. За першим варіантом для опалення будівлі використано традиційну водяну радіаторну систему. Теплова енергія для системи надходить від опалювальної котельні. Другий варіант передбачає використання як традиційних опалювальних приладів, так і системи «тепла підлога» для окремих приміщень. До основних переваг такої системи опалення відносять наблизений до оптимального розподіл температури повітря у просторі приміщення; менша ніж у традиційних системах температура обігріву, що забезпечує до 20% економії витрат теплоти і дозволяє комбінувати таку систему опалення з «нетрадиційними» низькотемпературними джерелами, наприклад, з теплонасосними установками. Поєднання в одній будівлі радіаторної системи опалення та теплої підлоги при підключенні до зовнішньої теплової мережі з параметрами теплоносія 130-70 °С потребує внесення деяких конструктивних рішень щодо підключення систем опалення з різними параметрами. Температура поверхні підлоги у приміщеннях з тимчасовим перебуванням людей не повинна перевищувати 31°C, а температура з радіаторами або конвекторами при температурі теплоносія не більше ніж 95°C.

У роботі наведено результати розрахунків системи опалення споруди, визначено річні витрати палива при улаштуванні традиційної однотрубною вертикальної системи опалення. Температуру теплоносія у розрахунковому режимі прийнято 90°C (подавальний трубопровід системи опалення) та 70°C (зворотний трубопровід). При визначенні конструктивних параметрів системи опалення з використанням «теплої підлоги» температуру циркуляційної води у системі прийнято 55-45°C, максимальну температуру поверхні підлоги 29°C. У схемі теплогенераторної установки передбачене встановлення теплового насосу, для якого обчислено параметри робочого тіла у характерних точках термодинамічного циклу, підібрано основне обладнання теплонасосної установки. Для варіанту з тепловим насосом і «теплою підлогою» обчислено основні економічні показники (капітальні вкладення та експлуатаційні витрати).

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СХЕМ ГИДРОПНЕВМОАГРЕГАТОВ

Черкашенко М.В., Кириченко А.А.

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

Техническая диагностика и анализ схем является известной и актуальной проблемой, связанной с проектированием современных схем гидропневмоагрегатов.

Анализ (проверка) полученной схемы гидропневмоагрегата с целью выявления и устранения допущенных ранее ошибок и ее соответствие требованиям технического задания является завершающим этапом проектирования схемы.

К ошибкам, ведущим к нарушению заданных условий работы схемы, относятся: неадекватность входов (отсутствие в уравнении для какой либо функции обязательного по техзаданию сигнала или противоречивого сигнала на рассматриваемом переходе), «силовая борьба» на входах пневмораспределителей с двухсторонним управлением.

Анализ схем проводится с помощью вспомогательных графов и матриц, проверяется адекватности входов и выявляются ошибки, связанные с переключением исполнительных устройств и элементов памяти.

Функциональное техническое диагностирование схемы удобно проводить с помощью таблиц неисправностей, составляемых на основе представления описания работы систем на языке графов операций и деревьев исправной работы. При проектировании электроннопневматических, электронногидравлических и электроннопневмогидравлических гидропневмоагрегатов техническая диагностика проводится с использованием микропроцессорных контроллеров, программа для которых использует стандартную позиционную структурную организацию.

Предлагаемый подход к функциональному техническому диагностированию и анализу схем гидропневмоагрегатов сокращает время проектирования рациональных схем и тем самым получить технико-экономический эффект.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОПЕРЕТВОРЕННЯ В МЕТАЛОГІДРИДНИХ ЕЛЕМЕНТАХ ВОДНЕВИХ КОМПЛЕКСІВ

Чорна Н.А.

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Водневі енергоперетворювальні установки на базі термосорбційних компресорів (ТСК) знаходять все більш широке застосування на практиці, що свідчить про наявність техніко-економічної доцільності здійснення термохімічних енергозберігаючих технологій в промислових масштабах. Тому підвищення термодинамічної ефективності ТСК, які є основними елементами водневих установок різного цільового призначення, являє собою актуальну задачу.

Проведено розрахунок термодинамічної ефективності перетворення енергії в ТСК як частини енергоперетворювальної установки. Отримали розвиток нові теоретичні моделі реальних діаграм фазових рівноваг, кінетики взаємодії в системах «гідридоутворюючий матеріал – водень», ефекту гістерезису, нахилу ізотерм «тиск – склад металогідриду», параметрів тепломасопереносу в шарі металогідриду, конструктивних особливостей металогідридних елементів (геометрія, металоемність та ін.).

Проведено розрахунково-теоретичні дослідження теплофізичних і термодинамічних параметрів гідридоутворюючих матеріалів і кінетичних властивостей процесів взаємодії водню з інтерметалічними сполуками, обраними в якості робочого тіла. Визначено параметри тепло- і масопереносу в шарах металогідриду з різною геометрією теплопередаючої матриці. Визначення термодинамічних характеристик виконано шляхом побудови діаграми «тиск-концентрація-температура», що дозволить надати оцінку парціальних і інтегральних величин ентальпії взаємодії водню з інтерметалічними сполуками, а також визначити параметри ізобарного гістерезису та його вплив на ефективність процесу стиску водню у металогідридному термосорбційному компресорі.

В результаті виконання роботи надані рекомендації по створенню новітніх металогідридних технологій та обладнання для систем перетворення енергії в металогідридних елементах енерготехнологічних комплексів з метою підвищення їх енергоефективності та екологічної сумісності з оточуючим середовищем. У результаті узагальнення інформації, отриманої при проведенні розрахунково-теоретичних досліджень термосорбційних процесів, розроблена методика розрахунку конструктивних характеристик металогідридних елементів, яка дозволить створити зразки металогідридної техніки, що забезпечать перехід на якісно новий рівень технологій зберігання та переробки водню.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ МЕТАЛОГІДРИДНИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ

Чорна Н.А.

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Металогідридні пристрої призначені для роботи в складі різних енерготехнологічних систем (лабораторне й технологічне устаткування, системи газозабезпечення, стаціонарні й транспортні енергоустановки). Всі вони характеризуються сполученням декількох функцій переробки водню. Пристрої мають широкий діапазон кількостей збереженого водню й робочих тисків. Стабільність видачі водню визначається точністю регулювання робочого тиску в металогідридном пристрої, ефективного керування яким реалізується шляхом використання температури в якості керуючого фактору.

Конструктивні особливості та технічні характеристики створюваних металогідридних систем, у першу чергу, визначаються вимогами їхніх споживачів. Найчастіше виконання однієї з таких вимог заважає виконання іншої (наприклад, великий запас водню й високі динамічні характеристики його видачі). Тому в кожному конкретному випадку варто шукати сукупність оптимальних технічних рішень, що включають вибір металогідриду, розробку конструкцій окремих вузлів і системи в цілому, визначення оптимальних режимів роботи. Крім згаданих вимог споживача, зазначені рішення визначаються комплексом фізико-хімічних, теплофізичних, газодинамічних і механічних параметрів, що характеризують процеси термосорбційної взаємодії гідридоутворюючого матеріалу з воднем.

Задача практичного конструювання металогідридних систем не може бути вирішена без математичного моделювання процесів тепломасообміну, які протікають у шарі металогідрида, що дозволяє розрахувати основні характеристики створюваного пристрою. Це потребує розробки ефективного обчислювального алгоритму та створення на його основі програм для моделювання роботи елементів водневих систем, дослідження їх параметричних характеристик, що дозволить із незначними витратами й досить оперативно вирішувати питання розробки та вибору ефективних режимів роботи систем такого типу.

На підставі результатів теоретичних, розрахункових і експериментальних досліджень в ІПМаш НАН України представлена вдосконалена методика розрахунку конструкцій металогідридних систем енерготехнологічної переробки водню. Зазначена методика включає розрахунок динамічних характеристик прийому й видачі водню з урахуванням термодинаміки сорбційних процесів і тепломасообміну в шарі металогідрида, а також удосконалення масогабаритних показників металогідридних систем. Елементи цієї методики можуть бути реалізовані при розробці й створенні зразків металогідридної системи зберігання водню.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДВУХВАЛЬНОМ ГТД СО СВОБОДНОЙ ТУРБИНОЙ

Чулаев Н.А.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

С помощью учебно-научного комплекса программ кафедры Теории авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета «ХАИ» проведено моделирование эксплуатационных характеристик двухвального ГТД со свободной турбиной.

Объект исследования был получен при выполнении последовательности проектировочных расчетов:

- выполнение термодинамического расчета позволило выбрать оптимальные параметры цикла;
- формирование облика проточной части дало возможность согласовать работу турбин и компрессоров двух каскадов;
- расчет турбин и компрессоров по среднему радиусу позволил получить треугольники скоростей.

Проведенное профилирование компрессоров по среднему радиусу дало возможность выполнить поверочный расчет и получить суммарные характеристики в виде зависимостей степени повышения давления и КПД от приведенных значений расхода и частоты вращения.

Для определения запасов газодинамической устойчивости при расчете характеристик компрессора использован критерий эквивалентной диффузорности Deq .

С помощью комплекса программ моделирования процессов в турбовальном двигателе, опирающегося на повенцовое описание геометрии многоступенчатого осевого компрессора, выполнен расчет дроссельных характеристик спроектированного ГТД, позволивший получить зависимости удельного расхода топлива, мощности, запасов устойчивости и КПД от частоты вращения ротора.

Выполненные расчеты показали, что данный учебно-научный комплекс программ ХАИ может быть использован как в практических исследованиях, так и в учебном процессе.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ТИСКУ ТА ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГАЗОРІДИННОЇ СУМІШІ У БАГАТОСТУПЕНЕВОМУ ВІДЦЕНТРОВОМУ НАСОСІ

Шевченко Н.Г., Бутко В.С.

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

В роботі розглянута експлуатація нафтогазових свердловин глибинними багатоступеневими електровідцентровими насосами (ЕВН). Кількість ступенів z становить у середньому від 200 до 500 одиниць. У реальних умовах експлуатації ЕВН перекачуваною продукцією є суміш пластової нафти, води та газу – газорідинна суміш (ГРС) різної газонасиченості. При розрахунках реальної характеристики ЕВН, що перекачує нафтову продукцію з газом, необхідно враховувати, що в міру збільшення тиску уздовж насоса зменшується зміст вільного газу у нафті. У зв'язку із цим, для визначення загальної робочої характеристики ЕВН необхідний перерозрахунок термодинамічних параметрів ГРС від ступеня до ступеня.

Приймаємо, що процес розчинення газу в нафті аналогічний процесу розгазування, та розрахуємо його за методикою П.Д. Ляпкова [1]. Вихідні дані: об'ємні витрати рідини та газу, газонасиченість суміші, що попадає в насос із свердловини, тиск насичення нафти в ЕВН, початкова і кінцева температури. У результаті розрахунків визначаємо залежності кількості газу у вільному та розчиненому стані, щільності ρ та ефективної в'язкості μ_{ef} ГРС від тиску p .

Для заданого тиску p_i ($i=0$) та властивостей ГРС на прийомі насоса визначаємо число Рейнольдса, коефіцієнти напору $K_n = f(Re, \rho, \mu_{\text{ef}})$ та витрати $K_q = f(Re, \rho, \mu_{\text{ef}})$. Далі, шляхом перерозрахунку по паспортній характеристиці ЕВН, визначаємо тиск p_{i+1} , що створює перший ступінь насоса для прийнятих умов експлуатації. Послідовно проводимо розрахунки для наступних ступенів насоса при зміні тиску p_{i+1} ($i=0..z$) та властивостей ГРС. Будуємо залежності зміни тиску від ступеня до ступеня. Визначаємо потрібне число ступенів, що забезпечить потрібний тиск на виході насоса для підйому нафтогазової продукції до устя свердловини. Сумарне значення напору ЕВН (при $Q = \text{const}$) складається із напорів кожного ступеня.

Дана методика визначення зміни тиску $p=f(z)$ та властивостей нафтогазової продукції у багатоступеневому насосі, а також характеристик ЕВН $H=f(Q)$, $N=f(Q)$ за реальних умов експлуатації свердловини реалізована за допомогою програмного модуля [2].

Література:

1. Ляков П.Д. Влияние газа на работу ступеней погружных центробежных насосов // Тр. ВНИИ. 1959. Вып. 22. С. 59 – 89.
2. Шевченко Н. Г., Шудрик О.Л. Програмний модуль прогнозування гідродинамічних характеристик газорідинної суміші свердловини при механізованому видобутку нафти // Вісник НТУ «ХПІ». Сер.: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х. :НТУ «ХПІ». – 2014. – № 39 (1082) – С. 190–197.

ВПЛИВ ГАЗУ НА РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГЛИБНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ВИДОБУТКУ НАФТИ

Шудрик О.Л., Бондаренко О.Ю.

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

Установки електровідцентрових насосів залишаються на сьогоднішній день основним нафтовидобувним обладнанням. Вони пристосовані для відкачування з нафтових свердловин пластової рідини, що містить нафту, воду, газ і механічні домішки.

Відомо [1], що потрапляння в заглибний відцентровий насос вільного газу з рідиною, що відкачується призводить до зменшення подачі рідини і створюваного насосом напору.

Основним показником, який впливає на роботу заглибного відцентрового насоса, є рівень газовмісту на прийомі насоса. Тобто наявність вільного газу знижує напірну характеристику насоса, зміщує оптимальну робочу область вліво. Так само відбувається зменшення подачі, зниження ККД і перегрів заглибного електродвигуна. Присутність газу в відкачуємому флюїді збільшує загальний обсяг суміші, забирає частину енергії, що повідомляється насосу і витрачає її на стиск бульбашок газу до повного їх розчинення. Незважаючи на це, частина втраченої енергії повертається в НКТ після насоса – створюється так званий «газліфтний ефект», який сприяє підняттю рідини на денну поверхню, зменшуючи необхідний загальний напір [2].

При наявності вільного газу в рідині, в порожнинах робочих коліс і направляючих апаратів утворюються порожнини, які беруть в потоці. Наслідком цього зменшується пропускна здатність, порушується енергообмін насоса до перекачуваного середовища частини погіршується процес обтікання лопатей, виникають каверни, заповнені газом. В остаточному підсумку всі ці фактори призводять до зриву подачі насоса.

Література:

1. *Ляков П.Д.* Влияние газа на работу ступеней погружных центробежных насосов // Тр. ВНИИ. 1959. Вып. 22. С. 59 – 89. 2. *Дроздов А.Н.* Разработка, исследование и результаты промышленного использования погружных насосно-эжекторных систем для добычи нефти: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.06 / Дроздов Александр Николаевич. – Москва, 1998. – 423 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗАСОБАМИ ПОЛЬОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Яримбаш Д.С., Яримбаш С.Т., Дівчук Т.Є.

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

В роботі розглянуто питання застосування методу кінцевих елементів для визначення параметрів короткого замикання силового трансформатора в структурі ПЗ FEMM [1, 2]. Розрахунок параметрів короткого замикання трансформатора проведено на основі чисельної реалізації частотної математичної моделі електромагнітного поля в формулюваннях векторного магнітного потенціалу.

Розв'язання задачі моделювання потребує створення відповідної геометричної моделі активної частини трансформатора, з урахуванням особливостей її конструкції, а також визначення струмів обмоток фаз А,В,С, нелінійних електрофізичних властивостей електротехнічної сталі магнітних систем, конструкційної сталі баку трансформатора, пресуючих кілець і пресуючих балок.

Побудова геометричної моделі, визначення розмірів і взаємного розташування її елементів має передувати реалізації ітераційних розрахунків, а також забезпечувати графічну візуалізацію даних розрахунку розподілу магнітного поля (рис.1).

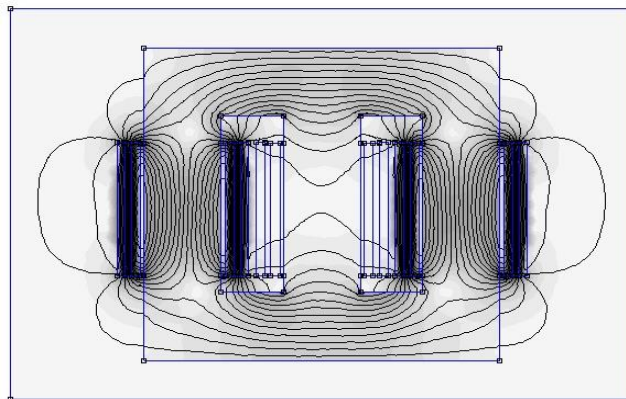


Рисунок 1 – Розрахунок магнітного поля трансформатора ПЗ FEMM

За даними розрахунків і нормування значень потокозчеплення фазних обмоток визначають кутові похибки відповідних фаз [3], що складають для фази А – 0,38 %, фази В – 0,34 %, фази С – 0,36 %. Похибку розрахунку напруги КЗ за даними польового моделювання зменшено до 1,06 %, тобто практично у 6 разів порівняно з інженерною методикою.

Література:

1. Буль, О.Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов [Текст] / О. Б. Буль – М.: Академия, 2005. – 337с.
2. Байда, Е. И. Расчет электромагнитных и тепловых полей с помощью программы FEMM: навч. посібник для студ. та аспир. вищ. навч. закладів. [Текст] / Е. И. Байда – Х.: НТУУ ХПІ, 2015 – 94 с.
3. Васьковський, Ю.М. Польовий аналіз електричних машин: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів. [Текст] / Ю. М. Васьковський - К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 192 с.

ВЫБОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Ярошенко Т.И., Ивченко Ю.Ю.

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

Современная система кондиционирования воздуха (СКВ) должна отвечать следующим требованиям:

- состоять из надежного и простого для обслуживания оборудования;
- обеспечивать при круглогодичной работе значительное (до 60 %) сокращение энергопотребления;
- не причинять вреда окружающей среде.

Для решения проблемы выбора энергетически рационального режима работы СКВ в условиях эксплуатации, отличающихся от проектных, возможно применение количественного, качественного или количественно – качественного регулирования параметров кондиционера.

Однозональные и многозональные системы с количественным и количественно – качественным регулированием, как правило, экономичнее систем с качественным регулированием, так как неэкономичное уменьшение охладительного эффекта воздуха в калориферах второго или местного подогрева заменяется в них плавным или ступенчатым, частичным или полным сокращением количества воздуха, вводимого в кондиционируемое помещение.

В системах с количественным регулированием при этом возникает вопрос о выборе воздухораспределителей, от которых зависит возможное максимальное сокращение количества воздуха, вводимого в помещение, то есть предельная глубина количественного регулирования СКВ. В данной ситуации необходимы воздухораспределители с регулируемыми размерами выходных сечений, которые могут обеспечить повышение скорости выхода воздуха и таким образом сохранить необходимой дальнобойности приточных струй при меньших расходах воздуха. Проблема требует специального расчетного исследования, причем условие о минимальной кратности воздухообмена не должно быть нарушено.

Системы с количественно – качественным регулированием после предельного сокращения подачи притока можно регулировать с помощью изменения режимных параметров калориферов. Таким образом системы переключаются с количественного регулирования на качественное.

Наукове видання

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

**Тези доповідей
XXV МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2017**

**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.