

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет



**МАШИНОБУДУВАННЯ
ОЧИМА МОЛОДИХ:
прогресивні ідеї – наука – виробництво**

**МАТЕРІАЛИ
XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
(м. Суми, 29 вересня – 1 жовтня 2021 р.)**

Суми
Сумський державний університет
2021

Організаційний комітет:

Голова – д-р фіз.-мат. наук, професор, проректор з наукової роботи Сумського державного університету **Чорноус А. М.**

Співголова – д-р техн. наук, професор, професор кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету **Залога В. О.**

Співголова – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету **Іванов В. О.**

Члени оргкомітету:

Антонюк В. С. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Антош К. – д-р техн. наук, професор, Жешувський технологічний університет, Польща;

Васильченко Я. В. – д-р техн. наук, професор, Донбаська державна машинобудівна академія;

Вознякос Д-К. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет м. Афіни, Греція;

Гатала М. – д-р техн. наук, професор, Технічний університет м. Кошице, Словаччина;

Грабченко А. І. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Грицай І. Є. – д-р техн. наук, професор, Національний університет «Львівська Політехніка»;

Доброскок В. Л. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Едл М. – д-р філософії, доцент, Західночеський університет, Чеська республіка;

Заяць Й. – д-р техн. наук, професор, Технічний університет м. Кошице, Словаччина;

Калафатова Л. П. – д-р техн. наук, професор, Донецький національний технічний університет;

Кальченко В. І. – д-р техн. наук, професор, Національний університет «Чернігівська Політехніка»;

Клименко Г. П. – д-р техн. наук, професор, Донбаська державна машинобудівна академія;

Клименко С. А. – д-р техн. наук, професор, Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля Національної академії наук України;

Ковальов В. Д. – д-р техн. наук, професор, Донбаська державна машинобудівна академія;

Курці І. – д-р техн. наук, професор, Жилинський університет, Словаччина;

Мазур М. П. – д-р техн. наук, професор, Хмельницький національний університет;

Мазуркевич Д. – д-р техн. наук, професор, Люблінський технологічний університет, Польща;

Марчук В. І. – д-р техн. наук, професор, Луцький національний технічний університет;

Машадо Ж. – д-р філософії, професор, Університет Мінью, Португалія;

Мельничук П. П. – д-р техн. наук, професор, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Оргіян О. А. – д-р техн. наук, професор, Національний університет «Одеська політехніка»;

Пасічник В. А. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Пермяков О. А. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Петраков Ю. В. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Поп Г. – д-р філософії, Технічний університет м. Клуж-Напока, Румунія;

Равська Н. С. – д-р техн. наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Радченко С. – д-р філософії, Технічний університет м. Кошице, Словаччина;

Саленко О. Ф. – д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Ступницький В. В. – д-р техн. наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка»;

Тихенко В. М. – д-р техн. наук, професор, Національний університет «Одеська політехніка»;

Тонконогий В. М. – д-р техн. наук, професор, Національний університет «Одеська політехніка»;

Трояновська Ю. – д-р філософії, Познанський технологічний університет, Польща;

Турманідзе Р. С. – д-р техн. наук, професор, Грузинський технічний університет, Грузія;

Цаганова Д. – д-р філософії, доцент, Словацький технологічний університет, Словаччина;

Чеп Р. – д-р техн. наук, професор, Технічний університет м. Острава, Чеська республіка;

Чижак О. – д-р техн. наук, професор, Познанський технологічний університет, Польща;

Чіоата В. – д-р техн. наук, професор, Політехнічний університет м. Тімішоара, Румунія;

Чолак О. – д-р філософії, професор, Технічний університет м. Ескішехір, Туреччина;

Ясюлевич-Качмарек М. – д-р техн. наук, професор, Познанський технологічний університет, Польща.

Секретар оргкомітету:

Залога О. О. – канд. техн. наук, Сумський державний університет.

М 38 **Машинобудування** очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво : матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції (м. Суми, 29 вересня – 1 жовтня 2021 року) / редкол.: В. О. Залога, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 109 с.

ЗМІСТ

	С.
Andrusyshyn V., Ivanov V., Pavlenko I., Kuric I. Features of the design process of robot grippers.....	9
Ju Y., Konoplianchenko Ie., Zhang Zh Practical application of high-entropy alloy obtained on the h13 steel by laser cladding technology.....	12
Sklabinskyi V., Skydanenko M., Yaroshenko D., Nichvolodin K., Shmatenko V., Skotar A. Main directions for improvement and development of vortex rotary vibrational granulators of nitrogen fertilizers.....	14
Tarelnyk V.B., Konoplianchenko Ie.V., Kutakh A.A. Increasing the durability of screw compressors by improving the rotor recovery technology.....	17
Tarelnyk V.B., Konoplianchenko Ie.V., Mayfat M.M., Kozynskyi A.G. Technological support of bronze parts working surfaces tribological properties.....	19
Zhang Zh., Konoplianchenko Ie.V., Tarelnyk V.B., Du X. The future research direction of the ESD deposition technology.....	21
Бесчетнікова О.С., Корчма Д.О., Шановалов М.В., Васильченко Я.В., Ковальов В.Д. Підвищення ефективності обробки на важких верстатах за рахунок створення мехатронних модулів.....	23
Бондарев С.Г. Використання принципів уніфікації при створенні сучасної повнопривідної автотракторної техніки, оснащеної інтегрованою трансмісією.....	24
Бондарев С.Г. Підвищення якості змащення пар тертя-ковзання при створенні сучасної повнопривідної автотракторної техніки оснащеної інтегрованою трансмісією.....	27

Говорун Т.П., Харченко Н.А., Дегула А.І. Підготовка нового покоління матеріалознавців шляхом застосування адитивних технологій.....	30
Денисов Р.В., Івченко О.В., Одноралов В.М. Бабич Д.В., Динник О.Д. Дослідження та класифікація методів неруйнівного контролю.....	33
Денисов Р.В., Івченко О.В., Одноралов В.М. Бабич Д.В., Динник О.Д. Паспорт на стенд універсальний гідравлічний для випробування виробів на міцність.....	37
Денисов Р.В., Івченко О.В., Одноралов В.М. Бабич Д.В., Динник О.Д. Програма та методика перевірки метрологічних характеристик (вимог) стенду універсальний гідравлічний для випробування виробів на міцність.....	39
Іванов В.О., Денисенко Ю.О., Харченко Н.А., Павленко І.В. DSMIE Summer School як інструмент залучення молоді до наукової діяльності.....	42
Колос В.О., Іванов В.О., Павленко І.В., Залоза В.О. Передумови автоматизації процесу проектування верстатних пристроїв.....	44
Кононович В.М., Дегтярьов І.М. Перспективи дослідження штифтових з'єднань деталей насосного обладнання.....	47
Корнієнко А.О., Сушко В.В., Денисенко Ю.О. Методика калібрування установки трубопоршневої.....	48
Косов М.О., Беседін М.Є., Дегтярьов І.М., Іванов В.О. Переналагоджуваний верстатний пристрій для оброблення деталей типу вилки.	50
Косов І.О., Парфенцев І.С., Дегтярьов І.М. Технологічне забезпечення та особливості оброблення деталей типу шатуни.....	51
Коноплянченко Є.В., Сунь Чжаоян. Раціональний синтез кінематики реінжинірингових технічних систем.....	53

Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М., Криворучко Д. В. Дослідження методів випробування виробів на герметичність.....	55
Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М., Криворучко Д. В. Паспорт на стенд універсальний пневматичний для випробування виробів на герметичність.....	58
Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М., Криворучко Д. В. Програма та методика перевірки метрологічних характеристик (вимог) стенду універсального пневматичного для випробування виробів на герметичність.....	61
Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М., Криворучко Д.В. Порядок обчислення невизначеності вимірювань під час проведення досліджень герметичності на стенді.....	64
Лешошкіна Н.В., Денисенко Ю.О. Статистичні методи при дослідженні якості та точності деталей.....	67
Маркуш Р.В., Борушак Л.О. Дослідження динамічної стійкості задньої підвіски автомобіля засобами SolidWorks.....	68
Палюх М.А., Лукань Т.В. Розробка портативного стрічкового конвеєра для обслуговування навчальної роботизованої механо-складальної дільниці.....	70
Пендерецький М.В., Онисько О.Р. Конструкторська розробка надлегкого циклоїдального редуктора.....	72
Петренко Д.І., Кметь І.А., Шаповалов М.В., Ковальов В.Д. Аналіз методів обробки на важких токарних верстатах з ЧПК.....	74
Пирогов В.О. Проблеми підвищення якості машин, задіяних в технологічному циклі зношення.....	75

Прокопенко А.Г., Денисенко Ю.О. Нормативне забезпечення клініко-діагностичної лабораторії ТОВ «Сумський обласний центр служби крові».....	78
Рясна О.В. Розрахунок числа полюсів статорної обмотки.....	80
Рясна О.В. Метод перерахунку обмотки статора на іншу напругу.....	81
Рясна О.В. Перерахунок обмотки статора електродвигуна.....	84
Тверезовський І.С., Дегтярьов І.М. Перспективи застосування циклоїдних передач у механізмах регулювання автоматизованих верстатних пристроїв.....	86
Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Пирогов В.О., Чжан Чженчуань Технологічне забезпечення процесу відновлення бабітового покриття на етапі ремонту підшипникових вузлів роторних машин.....	88
Тарельник Н.В. Новий спосіб відновлення сталевих деталей насосного обладнання атомних електростанцій.....	90
Хованець О.В., Коваленко А.В., Васильченко Я.В., Ковальов В.Д. Підвищення ефективності глибокорозточувальних верстатів.....	92
Хоменко В.А., Павленко І.В. Підвищення вібраційної надійності турбонасосного агрегата рідинного ракетного двигуна.....	94
Чумак А.О., Клименко С.А. Дослідження контактної взаємодії інструментів із ПКНБ з оброблюваним матеріалом при обробці в газовому середовищі.....	95
Шевель Є.О. Безпосереднє з'єднання муфтами.....	98
Шевель Є.О. Переваги синхронних електродвигунів.....	99

Шевель Є.О. Класифікація відмов.....	102
Шевель Є.О. Як нагрів впливає на властивості ізоляції електродвигунів.....	104
Ярема М.А., Коней В.Б. Досвід вивчення робототехніки з використанням платформи Arduino і мови програмування Python.....	106

FEATURES OF THE DESIGN PROCESS OF ROBOT GRIPPERS

Andrusyshyn Vladyslav, Ivanov Vitalii, Pavlenko Ivan

Sumy State University, Ukraine;

Kuric Ivan

University of Zilina, Slovak Republic

Automating all processes and minimizing manual operations is necessary to produce competitive products. It is possible thanks to the implementation of industrial robots into production. According to the World Robotics Report 2020 [1], more than 2.7 million industrial robots are used worldwide as of 2019. Compared to 2018, the growth was 12%. On average, over ten years, the percentage of increase in the operational stock of industrial robots per year is 10%. Thanks to achievements in robotics, more and more tasks can be automated while maintaining high quality and productivity. That is why robotics is one of the foundations of Industry 4.0. One of the main applications for industrial robots is handling, assembling, and dispensing. Overall, this is 59% of the operational stock of industrial robots as of 2019.

Industrial robots, in most cases, need end effectors to complete their tasks. Main applications require robotic gripping devices as end effectors. Currently, engineers are designing the gripping devices manually. It is a time-consuming process. It causes increased material costs and errors due to the human factor. There is a relationship between the quality of the final product and the engineer's experience. That is why automation of the design process of gripping devices for industrial robots is a relevant topic.

As a basis for a computer-aided design system for gripping devices for industrial robots, the authors propose applying developments in the field of computer-aided fixture design for metal-cutting machines, considering the features that arise when designing gripping devices. Before the design process, it is necessary to collect initial data, namely the properties of parts, their production method, and information about the environment. This stage is applicable in the design of both fixtures and gripping devices [2, 3]. Also, the computer-

aided design system should analyze the obtained data on the properties of the part for the similarity of parameters to estimate the possibility of creating flexible structures.

According to the study [4], the algorithm of fixture designing includes four stages.

The first stage is setup planning. This stage includes determining the number of setups, the workpiece location, and equipment datum features. This stage is used in the design of gripping devices since it is necessary to know the number of setups, which will affect the design of the base.

The second stage is device planning. At this stage, the algorithm determines the surface and the actual position of the contact points that will contact the locating and clamping elements and the force with which the clamping elements will influence the part. This step is applicable in the design of gripping devices. Also, based on the geometric and physical properties of the part, and the technical requirements, a list of sensors that must control the parameters of the part will be determined. The optimal choice of gripping points and elements of the gripping device will increase the permissible speeds, thereby increasing the throughput of the robotic cell [5].

The third stage is unit design. This step is also applicable for the design of gripping devices, but the process of designing gripping devices requires considering the following factors: minimizing the size and weight of the gripping device and the location of the center of mass.

The last step is design verification. This stage is necessary to ensure that the designed device meets all production requirements. The primary analysis performed to verify the fixture is finite element analysis to check the reliability of the design. For gripping devices, the primary analysis is to simulate the work of the robotic cell to check for collisions with the additional equipment of the robotic cell. Additional checks include cost analysis, manufacturing and assembly times, and installation and removal times of both the part and the device from the equipment (metal-working machine and industrial robot, respectively).

Also, special attention must be paid when designing the fingers for the clamping elements when designing the gripping devices. So, the optimal choice of the design of the fingers will reduce the cost of gripping devices and increase the throughput of the robotic cell. According to [5], the following features must be taken into account when designing fingers:

- grip multiple parts with a single gripper: the use of fingers of a particular shape will provide the ability to capture the maximum range of parts;
- chamfer the exterior of gripper fingers: it will help to minimize the distance between parts in feeding devices;
- incorporate functionality into gripper fingers; for example, using sensors built into the fingers, it is possible to determine the diameter of the machined surface during clamping.

So, we can conclude that algorithms for designing gripping devices of industrial robots and fixtures have a lot in common. Therefore, creating a universal algorithm is rational, considering the peculiarities arising in the design of specific devices. This algorithm with the subsequent implementation in computer-aided systems will have the following advantages over specialized applications: shorter implementation and training times, lower costs, higher productivity due to the absence of the need to enter input data twice and the presence of coordination between design processes, which will significantly reduce the number of errors.

Acknowledgments: This research was partially supported by The National Scholarship Programme of the Slovak Republic, the International Association for Technological Development and Innovations, and the Research and Educational center for Industrial Engineering (Sumy State University)..

The research was carried out within the project «Fulfillment of tasks of the perspective plan of development of a scientific direction "Technical sciences" Sumy State University» funded by the Ministry of Education and Science of Ukraine (State Reg. No. 0121U112684).

References:

1. IFR, "IFR presents World Robotics Report 2020," IFR International Federation of Robotics. <https://ifr.org/ifr-press->

releases/news/record-2.7-million-robots-work-in-factories-around-the-globe (accessed Aug. 19, 2021).

2. Ю. В. Хмельницький, Захватные устройства промышленных роботов. К.: УМК ВО, 1990.

3. G. J. Monkman, S. Hesse, R. Steinmann, and H. Schunk, Robot Grippers. 2007, p. 452. doi: 10.1002/9783527610280.

4. H. Wang, Y. (Kevin) Rong, H. Li, and P. Shaun, “Computer aided fixture design: Recent research and trends,” Computer-Aided Design, vol. 42, no. 12, pp. 1085–1094, Dec. 2010, doi: 10.1016/j.cad.2010.07.003.

5. G. Causey, “Causey, G.: Guidelines for the design of robotic gripping systems. Assem. Autom. 23(1), 18-28,” Assembly Automation, vol. 23, pp. 18–28, Mar. 2003, doi: 10.1108/01445150310460033.

PRACTICAL APPLICATION OF HIGH-ENTROPY ALLOY OBTAINED ON THE H13 STEEL BY LASER CLADDING TECHNOLOGY

Ju Y.

Xinxiang Vocational and Technical College, Xinxiang, China

Konoplianchenko Ie., Zhang Zh.

Sumy National Agrarian University, Ukraine

With the rapid development of modern machinery industry and material technology, more and more molds, cutting tools and other mechanical equipment need to work for a long time in a variety of harsh environment, such as friction, corrosion, high temperature, so that the performance of these molds, tools and materials and the ability to protect put forward stronger requirements. However, most of the traditional alloys use one or two elements as the main elements, and add appropriate amount of other elements for alloying, has been unable to fully meet and adapt to the development of the new situation. High-entropy alloy emerges with the development of The Times. In 2004, Professor Ye Junwei, a Chinese scholar from Taiwan, proposed

the design concept of a new multi-principal element high-entropy alloy with nearly equal molar ratio (equal molar ratio) and significant high mixing entropy effect. It shows excellent properties such as high strength, high toughness, good wear resistance, corrosion resistance and thermal stability. Due to the complex alloy composition of high-entropy alloy, there are many optional elements, and it is a kind of multi-principal component alloy. Conventional alloy solute and solvent atoms fill the gap with the same bonding. However, as a kind of multi-principal alloy, high-entropy alloy has no difference between solvent and solute. It diffuses mainly through a vacancy mechanism, where each element randomly occupies a lattice position in the crystal.

The highly active atoms are more likely to diffuse into vacancies, and the solid solution will produce greater distortion and stress than the traditional alloy, increasing the strength of the alloy. High-entropy alloys, due to their excellent corrosion resistance and low environmental impact. Many experts at home and abroad have successfully prepared high-entropy alloy coatings with excellent performance on the surface of metal materials by using many different processes. At present, there are many methods to prepare high-entropy alloy coatings. At present, the common methods include laser cladding, laser surface alloying, laser remelting, electron beam cladding, plasma cladding, thermal spraying, magnetron sputtering and vapor deposition. In laser surface alloying and laser remelting technology, the melting of the base material will occur in the process of machining. Plasma cladding technology has a high demand on matrix shape and size. Magnetron sputtering and vapor deposition techniques can not be applied in the field of high strength coating on substrate surface. The principle of thermal spraying technology is relatively simple, but the efficiency is very high, and the application is very wide. Laser cladding technology heat concentration, short acting time, cladding layer and substrate bonding strength is very high, with high strength and good wear resistance, corrosion resistance and other properties.

A method of deposition of AlCoNiFeCrSi high-entropy alloy coating on H13 steel surface by laser cladding technology is proposed, which not only meets the requirement of material lightweight, but also

meets the standard of high strength and high corrosion resistance for material surface properties.

MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT OF VORTEX ROTARY VIBRATIONAL GRANULATORS OF NITROGEN FERTILIZERS

*Sklabinskiy V., Skydanenko M., Yaroshenko D., Nichvolodin K., Shmatenko V., Skotar A.
Sumy State University, Ukraine*

Rotary vibrational granulator (RVG) is a leading device for granulation of nitrogen mineral fertilizers in prilling towers nowadays. The author of this invention is Doctor of Technical Sciences, Professor Kholin Boris Georgievich, who headed the department of Chemical Engineering of Sumy State University for many years and developed his own scientific school.

Currently, the department is actively developing new types of granulation equipment, improving RVG design and operation as well as the work of tower equipment in general. In recent years, SSU has been supplying RVG to various companies both independently and together with enterprises that cooperate with the department in scientific terms. This made it possible to study modern requirements for such equipment and effectively improve it. RVG is used at enterprises wherein granulation process takes place in various conditions:

- different climatic conditions (temperature, humidity, etc.);
- different grading requirements are set to the product (depending on the producing country);
- process of feeding the melt into the granulator takes place with different concentrations of melt;
- different temperature conditions for the formation of prills;
- presence or absence of solid inclusions;
- different melt efficiency;
- different ratio of the cooling agent (air) amount passing through the cross section of the tower to the melt flow rate.

The above mentioned differences in the conditions of the prilling process lead to deviations in the requirements for the granulometric composition and dysfunction of the thermodynamic mode of prilling tower operation. It causes insufficient degree of granule (prills) crystallization, adherence of the product to the cone and tower walls, accumulation in the "fluidized bed", sticking on scraper mechanisms, increased dusting from the tower, and unstable operation of all tower equipment. The department is working on eliminating the disadvantages listed above and developing traditions of the scientific school, established by prof. B.G.Kholin. High level analysis of the main processes, that take place in the RVG and inside the tower, makes it possible to explain direction of scientific research, ways of influencing on the flows of prills and cooling agent and on the main structural changes in the granulator, in order to improve the tower operation.

Hydrodynamics of the inner flow-through part of the basket. In conditions of increasing the tower capacity and enlarging the diameter of towers, it becomes necessary to increase the rotational speed of the basket to provide the required diameter of the spray nozzle. In addition, due to the difference in the radius of the basket by its height and different melt level over the holes, the melt outflows from the holes along the height of the basket in different hydrodynamic conditions, which leads to a change in the size of the melt droplets (and prills, respectively) formed on the height of the basket. As a whole, it creates conditions for the secondary crushing of droplets and worsens the granulometric composition. To eliminate such negative impact, scientists from the department developed additional devices for redistribution of melt inside the basket shell, such as blade systems with pumping effect, distribution grids, and other redistributors of melt placed in the height of the basket.

Productivity of RVG above 100 tons per hour, increase in diameter of towers and, as a consequence, higher speed of rotation and bigger dimensions of the basket, have a negative effect on the process of vibration imposition on outflowing melt jets. Manufacturers of RVG began rigidly connect the actuating rod of the vibrational device to the actuator, which generates oscillations. On the other hand, basket

with the rod rotates at a sufficiently high speed, and therefore bearings of different designs were installed in the vibrator between the rotating rod and the actuator. This resulted in significant distortion of the vibration signal, which affects the basket, and, accordingly, deterioration of the granulation composition and quality of the product as a whole.

The department of Processes and Equipment of Chemical and Petroleum Refineries of Sumy State University develops and introduces new methods of influencing vibrations on melt jets, that make it possible to transfer oscillations from generator to melt jets with minimal distortion, which significantly improves quality of the granular product in the towers of high productivity. This will require a fundamental change in the design of the RVG, which we will submit to you in the nearest future after the completion of all research and design work in this direction. The range of research and technical solutions is related with the operation of prilling towers in conditions of high ambient temperatures. Such operating modes require production of minimum quantity of prills of size above the critical (small prills that can not be completely crystallized during their movement in the tower). The development of measures for distribution of vibrations with minimal deviations from the optimum value along the entire surface of the perforated bottom of the RVG basket, make provisions for well granulometric composition of prills over all basket holes providing minimum number of granules that are larger than the critical size.

This made it possible to develop a new design of the RVG with efficient operation at high productivity of prilling towers above 120-160 t / h. Such developments enable to reduce the dust amount below 50 mg / Nm³ and obtain a fraction of 2.0-4.0 mm minimum 99.4%.

At present our scientists work on developing of such hydrodynamic conditions in the prilling tower, when influencing on droplets, and then prills, one can increase residence time of droplets (prills) in the tower. It is studied the use of cooling agent moving with different velocity along the tower height, and applying of such "exotic" methods as braking of charged prills with a certain potential in a magnetic field, "acoustic levitation" etc. We understand that

achieving an effective industrial result in the set of experiments of the above-mentioned list requires rather deep, probably long-term, theoretical, experimental and design studies. However, a breakthrough in this direction will make it possible to develop a qualitatively new and the most effective granulation equipment.

INCREASING THE DURABILITY OF SCREW COMPRESSORS BY IMPROVING THE ROTOR RECOVERY TECHNOLOGY

*Tarelnyk V.B., Konoplianchenko Ie.V., Kutakh A.A.
Sumy National Agrarian University, Ukraine*

An analysis of literary sources has shown that a combined technology can be a reserve for improving the reliability and durability of screw compressors (SC) after renovation, which includes such complementary methods for improving the quality of surfaces of machine parts, such as: ion nitriding (IA), electrospark alloying (ESA), carburizing ESA (CESA), the method of non-abrasive ultrasonic finishing (NAUF), the method of sulfiding and the deposition of metal-polymer materials (MPM). To study the possibility of restoring the surfaces of the ribbons of the SC rotors, coatings of BrOF10-1 tin bronze and B88 babbitt were applied to flat and round samples of steel 40 by the ESA method. Babbitt was applied to prevent the formation of scoring in the event of unexpected contact with the surfaces of the SC rotor ribbons. The rotor bands can be restored using tin bronze as the electrode material, and to reduce the likelihood of seizing and scuffing, babbitt anti-friction material can be applied to the bronze. To restore the worn surfaces of the ribbons of the second rotor, it is advisable to use stainless steel electrodes, which, in comparison with electrodes from conventional steels, allow the formation of better coatings. In this case, it is advisable to use stainless steel 12Kh18N10T as electrodes for ESA, the microhardness of which is lower. Sulfur can be added to the coating to prevent the possibility of scoring on the steel surface of the remanufactured rotor band. To do

this, it is necessary to periodically treat the restored surface area with sulfur or introduce it into the composition of the electrode made of steel 12Kh18N10T. As a result, after machining (grinding or blade processing) to size, the surface of the ribbon will consist of separate metal sections and places of MPM. At the same time, as the depth of processing increases, the area of the surface areas from the MPM will decrease, and the area of the zones formed by the ESA method will increase accordingly. To prevent the possibility of scuffing on the steel surface of the restored rotor band, sulfur can be added to the coating. To do this, it is necessary to periodically treat the restored surface area with sulfur or introduce it into the composition of the electrode made of steel 12Kh18N10T. To repair the bearing journals of the SC shafts, a new combined technology has been proposed, which consists in pressing a bushing, previously hardened by the IA method, onto the worn surface of the shaft, which, after turning and grinding to size, is subjected to CESA and processed by the NAUF method. When restoring the worn working surfaces of the rotor ribbons, it is advisable to use technology, which consists in the formation by the ESA method on a more worn rotor of a coating of tin bronze and a running-in coating of babbitt, and on the second a combined coating consisting of sections of stainless steel 12Kh18N10T and zones of MPM. In this case, individual technologies (by the ESA method and the MPM application method) do not in any way reduce the advantages of each other, but complement them, and eliminate the disadvantages inherent in each technology separately. The EEA method can be used to vary the thickness of the applied layer and the height of microasperities, and subsequent blade processing can provide one or another ratio of the areas of the deposited metal and MPM. The combination of the sulfiding process with the restoration of the surfaces of the SC rotor ribbons by the ESA method significantly reduces the occurrence of emergencies associated with the setting of the rotor surfaces and the formation of scoring.

TECHNOLOGICAL SUPPORT OF BRONZE PARTS WORKING SURFACES TRIBOLOGICAL PROPERTIES

***Tarelnyk V.B., Konoplianchenko Ie.V., Mayfat M.M.,
Kozynskyi A.G.***
Sumy National Agrarian University,

Literature analysis of the results of tribological industrial tests of running-in combined electrospark coatings (CESC) from soft antifriction metals (silver, copper, tin and lead) formed in different sequences showed that their thickness of 20–30 μm is not enough, because after subsequent mechanical treatment, carried out in order to improve the quality of the surface (reduce roughness, uneven application in thickness and continuity), the resulting running-in layer is removed. The purpose of this work is to study the influence of the electrospark alloying (ESA) modes and the composition of the CESC on the tribological properties of samples from bronze BrO10C10. The tribological properties of the resulting coatings were determined on a T-01M tester manufactured by the Radom Institute of Technology (Poland) in accordance with the DIN-50324: 1992-07 Tribology standard according to the “ball-disk” scheme.

As a result of the experimental studies (table 1) carried out, the technology of applying running-in CESC obtained in the sequence $\text{S+Ag} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{S+Ag}$ and $\text{S+Ag} \rightarrow \text{Sn} \rightarrow \text{S+Ag}$ to BrO10C10 bronze has been improved. It is shown that the presence of sulfur in the coating helps to reduce the setting of the contacting surfaces. The proposed technology for obtaining CESC allows for a coating thickness of 0.19–1.31 mm, which simplifies the subsequent machining of surfaces. Tribological studies on the T-01M tester according to the “ball-disk” scheme have established that with an increase in the thickness of the CESC, the friction force increases. For samples $\text{S+Ag} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{S+Ag}$ and $\text{S+Ag} \rightarrow \text{Sn} \rightarrow \text{S+Ag}$, the thickness of which, depending on the discharge energy, is 0.19, respectively; 0.26; 1.01 mm and 0.89; 1.05; 1.31 mm, the friction force is, respectively, 1.454; 1.762; 2.543 N and 0.934; 1.904 and 2.152 N. Sulfur in CESC reduces the friction force of a steel ball on the surface of bronze specimens by 19%. For practical

application, it is possible to recommend CESC: $S+Ag \rightarrow Pb \rightarrow S+Ag$ and $S+Ag \rightarrow Sn \rightarrow S+Ag$, obtained at a discharge energy of $0.52 \rightarrow 0.13 \rightarrow 0.05$ and $4.6 \rightarrow 0$, respectively, $0.36 \rightarrow 0.36$ J, providing a reduction in the friction force compared to uncoated samples, respectively, by 1.90 and 1.22 times.

Table 1 – Friction force and coefficient of friction of a steel ball on the surface of a bronze disk with CESC

Sample	CESC	Discharge energy W_p , J	Friction force, Ft(N)	Friction coefficient $\mu = Ft/F_n$
0	Uncoated (BrO10C10)	-	1.779	0.181
1	$S+Ag \rightarrow Pb \rightarrow S+Ag$	$0.52 \rightarrow 0.13 \rightarrow 0.05$	1.454	0.148
2	$S+Ag \rightarrow Pb \rightarrow S+Ag$	$0.9 \rightarrow 0.36 \rightarrow 0.36$	1.762	0.179
3	$S+Ag \rightarrow Pb \rightarrow S+Ag$	$4.6 \rightarrow 4.6 \rightarrow 0.36$	2.543	0.259
4	$S+Ag \rightarrow Sn \rightarrow S+Ag$	$4.6 \rightarrow 0.36 \rightarrow 0.36$	0.934	0.095
5	$S+Ag \rightarrow Sn \rightarrow S+Ag$	$4.6 \rightarrow 0.9 \rightarrow 0.36$	1.904	0.194
6	$S+Ag \rightarrow Sn \rightarrow S+Ag$	$4.6 \rightarrow 4.6 \rightarrow 0.36$	2.152	0.219
7	$Ag \rightarrow Pb \rightarrow Ag$	$0.9 \rightarrow 0.36 \rightarrow 0.36$	2.098	0.214

THE FUTURE RESEARCH DIRECTION OF THE ESD DEPOSITION TECHNOLOGY

*Zhang Zh., Konoplianchenko Ie.V., Tarelnyk V.B., Du X.
Sumy National Agrarian University, Ukraine*

The electro-spark deposition (ESD) technology is a new technology with special strengthening effect and unique technical value which has great potential in the future. The application of electro-spark deposition in the prevention, protection and repair of surface coatings has obvious effect on improving production efficiency and reducing cost.

The existence of these problems greatly limits the expansion of the application field of this technology, so the future research direction of electro-spark deposition technology will mainly focus on the following aspects: 1) To strengthen the research on the mechanism of electro-spark deposition technology which will play an important role in guiding the basic research, equipment manufacturing and application development of ESD. At present, the existing mechanism of electro-spark deposition still has great limitations, including the mechanism of electro-spark deposition discharge and electrode material transfer mechanism. Scholars have not yet reached a unified conclusion on this which requires researchers to further overcome the difficulties and form a complete theoretical system as soon as possible to support the promotion and application of electro-spark deposition technology. 2) The new types of electro-spark deposition automatic equipments are needed to develop and improve the quality and stability of the coating and the deposition efficiency. 3) Strengthen the research of ESD process parameters. The strengthening process of different electrode and matrix materials, multi-electrode strengthening process, the strengthening process of multi-electrode materials on the same surface and composite strengthening process were studied. 4) The research of coating materials is mainly focused on cemented carbide and ceramic materials, but other materials with excellent performance are also worth to be studied. 5) Combining other technologies with the electro-spark deposition technology and

developing the composite treatment technology to prepare the deposits with excellent performance may become the preferred process in the process of the development of this technology. Electro-spark deposition technology combines with ultrasonic technology, nano-technology, laser technology, plasma technology, magnetron sputtering, chemical heat treatment, thermal spraying, electroplating, brush plating, chemical plating, physical meteorology deposition, ion implantation and other technical means to deposit coatings with better performance. Electro-spark deposition technology combines with computer simulation, artificial neural network, fuzzy control, expert system, intelligent control, pattern recognition, genetic algorithm, ant colony algorithm, particle swarm algorithm and other advanced technologies to promote the continuous progress of electro-spark technology. The electro-spark deposition technology can make the surface have high hardness, high wear resistance, high fatigue strength, high corrosion resistance and oxidation resistance, high temperature resistance, ablation resistance and other special properties. It is believed that with the development of this new surface treatment technology, more and more people will devote themselves to the research of this technology and this technology will be widely used and play an important role in surface treatment. The research on the new technology of electro-spark deposition is an innovative and challenging research work which not only enriches the connotation of electro-spark deposition, but also has great significance for improving the processing and application level of advanced composite materials.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ ЗА РАХУНОК СТВОРЕННЯ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ

***Бесчетнікова О.С., Корчма Д.О., Шаповалов М.В.,
Васильченко Я.В., Ковальов В.Д.***

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

Основними напрямками розвитку сучасного важкого верстатобудування є якісна зміна конструкцій металорізальних верстатів, істотне підвищення їх продуктивності і точності, реалізація технологій швидкісної обробки, широка уніфікація, реалізація принципів агрегатно-модульного конструювання.

Для вирішення перерахованих вище завдань поряд з удосконаленням технології обробки, появою нових ріжучих матеріалів, інструментів створюються принципово нові мехатронні верстатні вузли автоматизації на базі інтеграції засобів прецизійної механіки, електроніки, електротехніки.

Створення і застосування мехатронних модулів руху в металорізальних верстатах принципово змінює погляд на конструювання важких верстатів, переводячи їх на системний рівень, що враховує складні взаємозв'язки між проєктуванням, виготовленням, складанням, налагодженням, експлуатацією, ремонтом і утилізацією.

На підставі аналітичного дослідження розроблені методики визначення параметрів настройки регуляторів приводу, що забезпечують оптимальні за продуктивністю перехідні процеси.

Мехатронні модулі досліджені як елементи взаємопов'язаних систем обробки на важких металорізальних верстатах. Розроблений теоретичний метод оптимізації характеристик мехатронних модулів, як складової частини системи металорізального верстату, дозволив визначити найбільш важливі характеристики мехатронних модулів, що забезпечують найкращі характеристики верстатів.

Проведено дослідження впливу застосування мехатронних модулів на точність, продуктивність і ін. показники важких

верстатів. Виділена номенклатура мехатронних модулів, розробка і впровадження яких найбільш ефективно впливає на технічний рівень верстатів. Визначено найбільш важливі типорозміри мехатронних модулів, тобто конкретні групи і габарити верстатів, на яких в першу чергу слід застосовувати мехатронні модулі. На підставі результатів експертної оцінки розроблені науково-технічні програми створення і впровадження мехатронних модулів, складені технічні завдання на їх розробку.

Специфіка роботи мехатронного модуля безпосередньо в зоні різання ставить завдання обліку теплових режимів і розробки спеціальних примусових методів охолодження мехатронних модулів, які базуються на імовірнісних оцінках завантаження конкретного верстата з мехатронним модулем. Розроблені методи дослідження статичних, динамічних, точнісних і теплових характеристик мехатронних модулів мають універсальний характер і можуть використовуватися при розробці та проектуванні металообробного обладнання нового покоління з заданими технологічними характеристиками.

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ УНІФІКАЦІЇ, ПРИ СТВОРЕННІ СУЧАСНОЇ ПОВНОПРИВІДНОЇ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ ОСНАЩЕНОЇ ІНТЕГРОВАНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Бондарев С.Г.

Сумський національний аграрний університет.

Автомобілі з повнопривідними трансмісіями все частіш використовуються не тільки у сільському господарстві та військовими для руху поза межами шляхів з твердим покриттям, але й цивільним населенням. Ця техніка має не тільки чудову прохідність по бездоріжжю, але й високу курсову стійкість при швидкісному русі, динамічний розгін, тощо. Однак світовий автопарк налічує лише до 20% автомобілів, які мають трансмісію оснащеною повним приводом (ПП). Це пов'язано, перше за все,

зі складність трансмісії, в якій вкрай обмежена кількість уніфікованих складових, по-друге конструкції, яка наразі використовується існує понад віку. Тому вкрай важлива проблема пов'язана зі створенням перспективної багатофункціональної повнопривідної трансмісії нового покоління, яка б задовольняла сучасні потреби при експлуатації та обслуговуванні автотракторної техніки.

Одним з перспективних напрямів у цьому є конструкція, яка інтегрує в один функціональний силовий блок безпосередньо і двигун і трансмісію, при чому в ній є загальними системи охолодження та мащення. Звідси, її назва - інтегрована трансмісія (ІТ). Крім того, сама ІТ має велику жорсткість і цілком може виконувати роль рами транспортного засобу. На рис. 1 представлено загальний вигляд інтегрованої трансмісії.

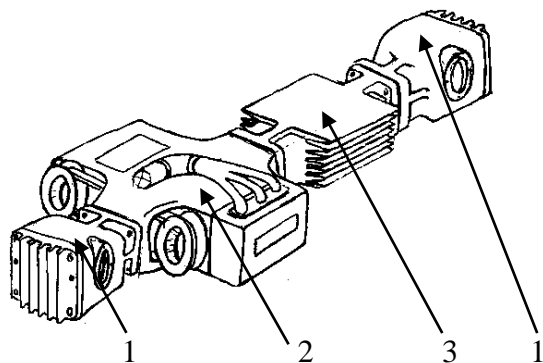


Рисунок 1 – Загальний вигляд інтегрованої трансмісії, створеної з уніфікованих елементів; 1 – головна передача, 2 – силовий блок, 3 – проставка,

Кожен з її елементів має типову конструкцію та розмірний ряд, а також приєднувальні розміри та форму у своєму ряді, так наприклад головна передача рис 1 поз. 1 може бути встановлена, як у передній так і задній частині ІТ, достатньо її лише перевернути на 180° відносно повздовжньої осі симетрії. Силовий блок поз. 2 виконано у єдиному блоці до якого входять безпосередньо двигун, кородка зміни швидкостей (у данному випадку коробка передач безступенева, варіаторного типу) та

міжмостовий диференціал. Нарешті проставки поз. 3, які поєднують силовий блок з головною передачею мають одноківі приєднувальні розміри, але різняться по довжині, відповідно вали, які встановлені у їх внутрішній порожнині також мають відповідну довжину. На рис. 2 зображені можливі варіанти компоновання елементів інтегрованої трансмісії. Для досягнення необхідної величини міжколісної бази, та для забезпечення певної точки центру ваги транспортного засобу, необхідно лише скоригувати довжини передньої та задньої проставок.

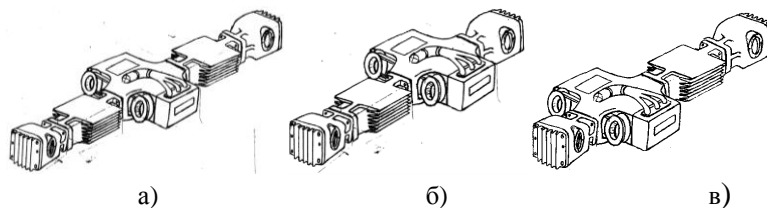


Рисунок 2 – Можливі варіанти компоновання елементів інтегрованої трансмісії

Таким чином, запропонована методика проектування інтегрованих трансмісій в основі якої лежить принцип уніфікації, дає можливість розробку та виготовлення її компонентів будь якого призначення та розмірів.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МАЩЕННЯ ПАР ТЕРТЯ КОВЗАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ СУЧАСНОЇ ПОВНОПРИВІДНОЇ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ ОСНАЩЕНОЇ ІНТЕГРОВАНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Бондарев С.Г.

Сумський національний аграрний університет.

Серед головних вимог, які пред'являються до будь якої сучасної техніки є, безпека при експлуатації, економічність, високі техніко-експлуатаційні показники, надійність, тощо.

Сучасна техніка з повнопривідною трансмісією має центр тяжіння вищий за звичайну передньо- чи задньо-привідну, що провокує перевертання на схилах на пересіченій місцевості, або на віражах при швидкісному русі.

Техніко-економічні показники, зазначеної техніки також нижчі за звичайні, оскільки її виготовляють на основі базових агрегатів, які виконані окремими складовими, мають автономну систему мащення (роздавальна коробка, два ведучі мости, коробка швидкостей) при повній відсутності системи фільтрації, що значно скорочує ресурс пар тертя. Мащення пар тертя та кочення здійснюється шляхом окунання її елементів в картер з оливою, що підвищує опір при обертанні, крім того обдування холодним повітрям картерів зазначених вузлів ззовні унеможливорює прогрівання оливи до робочої температури взимку на рівні 80-90⁰С, оскільки різниця температур оливи в картерах з навколишнім середовищем лежить в межах 30-50⁰С залежно від ступеню навантаження, а при частих зупинках температура оливи практично дорівнює температурі зовнішнього середовища. Також необхідно враховувати ще той факт, що під час руху обдування вузлів та агрегатів трансмісії повітрям, ще більше знижує температуру оливи всередині картера.

З причин зміни в'язкісно - температурних властивостей оливи, має місце погіршення умов мащення, (впритул до виходу вузла з ладу), збільшення внутрішніх витрат в агрегатах трансмісії, що неодмінно зменшує коефіцієнт корисної дії

трансмисії та спричиняє підвищену витрату пального. Слід відзначити також результати досліджень з літературних джерел у яких було виявлено, що більшість відмов трансмісії автотракторної техніки мало місце у холодну пору року, в той самий час, коли відмови двигунів були стабільними упродовж усього року і не були суттєвими. З іншого боку, якщо розглянути розподіл енергії, яку отримано під час роботи двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), орієнтовно третина енергії у вигляді теплової витрачається системою охолодження, тобто це вільна тепла енергія, яка фактично, окрім обігрівання салону автомобіля не витрачається взагалі ніде.

Виникає протиріччя, яке полягає в тому що, з одного боку (зокрема взимку) має місце низька температура у картерах трансмісії, на що витрачається додаткова кількість енергії (пального), з іншого, тепла енергія, яка через основний радіатор системи охолодження буквально розпилюється у повітря.

Традиційним методом вирішити це протиріччя практично неможливо, оскільки маємо справу з принципово різними системами, трансмісією та ДВЗ. Задача надзвичайно складна, має комплексний характер і для її вирішення необхідно створити раціональну методiku в основі якої лежала б енергозберігаюча технологія, яка є і буде надалі надзвичайно актуальною.

Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є комплексний підхід, в основі якого лежить максимальна інтеграція традиційної трансмісії з ДВЗ.

Які ж основні ознаки інтегрованої трансмісії відрізняють її від звичайної трансмісії? Перш за все це інтеграція силового агрегату з трансмісією, та розташування її у міжколісній базі автотракторної техніки. Особливістю трансмісії такого типу є те, що осі симетрії усіх валів, крім ведених напіввісей ведучих мостів, лежать у площині, яка орієнтовно походить крізь осі симетрії коліс. Замість традиційної системи охолодження двигуна розроблена двоконтурна мастильно-охолоджуюча система (МОС), в один контур якої, з відповідної ємності нагнітається насосом моторна олива, яка нагрівається у головці

блоку циліндрів до 87⁰С і після фільтрації забезпечує мащення пар тертя самого двигуна, та другий контур, до якого з іншої ємності, другим насосом, нагнітається трансмісійна олива до сорочки охолодження у якій воно розігрівається до 150⁰С, а після фільтрації, по відповідним оливним магістралям, потрапляє до пар тертя коробки зміни передач, розподільчої коробки та двох ведучих мостів. Складові інтегрованої трансмісії мають систему мащення типу «Сухий картер». Після мащення пар тертя, оливи дренажним блоком кожного з двох насосів, відкачуються до відповідних ємностей, розташованих в одному швидкоз'ємному контейнері. Здійснюючи рух від двигуна до мостів та назад трансмісійна олива віддає тепло до зовнішнього середовища, таким чином охолоджуючись. Моторна олива віддає своє тепло через оливний радіатор, який встановлюється у загальній ємності між двома контурами, таким чином віддаючи тепло та вирівнюючи температуру. У разі суттєвого підвищення температури оливи, його потік перерозподіляється до оливоповітряного радіатора де воно охолоджується до потрібної температури.

Таким чином реалізація інтегрованих трансмісій є результатом комплексного підходу, який суттєво підвищує якісні експлуатаційні показники (економічність, та надійність), особливо при використанні у холодних кліматичних районах.

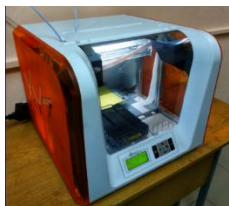
ПІДГОТОВКА НОВОГО ПОКОЛІННЯ МАТЕРІАЛОЗНАВЦІВ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Говорун Т.П., Харченко Н.А., Дегула А.І.
Сумський державний університет*

Розвиток у студентів інноваційного мислення має стати пріоритетним завданням сучасної освіти. Безумовно, такий підхід пов'язаний із застосуванням в навчанні сучасних досягнень науки та технологій [1-2]. Адитивні технології – порівняно молодий, але дуже популярний напрямок навчання, назва якого походить від англomовного терміна Additive Manufacturing, що в буквальному перекладі означає «виробництво через додавання». Найвідоміший приклад застосування адитивних технологій – популярні на сьогодні 3D-принтери. Усі види даних пристроїв працюють за технологією пошарового синтезу. Адитивні технології можуть відрізнятися матеріалами та способом їхнього нанесення, проте у всіх випадках модель будується за допомогою додавання нового матеріалу – пошарового нарощування. Причому немає різниці, що буде першоосовною – метал, пластик, полікарбонат чи навіть живі клітини [1-3]. 3D-друк або адитивні технології – це одна з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу за даними цифрової моделі. Ця технологія була винайдена кілька десятків років тому, але саме в останні роки вона набула особливої популярності. Ринок адитивних технологій зростає на 30 % щорічно і, за експертними оцінками, це зростання триватиме щонайменше 5 років [1].

Така популярність обумовлена тим, що сама технологія є універсальною для будь-яких сфер діяльності: промислове виробництво є лідером з використання технології 3D-друку (її активно використовують компанії, які працюють у наступних секторах: побутова електроніка, аерокосмічна, автомобільна та оборонна промисловості); медицина – на 3D-принтерах займаються біодруком тканин та органів, індивідуальних

імплантатів, протезів, анатомічних моделей для хірургічних процедур; стоматологія, де 3D-друк використовують для створення зубів та коронок на індивідуальне замовлення; будівництво – можливість побудувати за допомогою 3D-принтера як одно-, так і багатоповерхові будинки; мистецтво – технологію активно використовують художники, зокрема полімери, глину та метали для створення за допомогою 3D-принтерів скульптур, кераміки та ювелірних виробів; їжа – можливість друку харчових продуктів на 3D-принтерах (команди розробників у різних куточках світу активно працюють над удосконаленням цієї технології); освіта – завдяки цій технології можна покращити освітні програми на всіх рівнях (рис. 1). У сучасному світі адитивні технології можуть використовуватись у будь-якому виробництві. Подібний спосіб виготовлення зменшує вартість виробу та прискорює процес його виробництва.



а



б

Рисунок 1 – 3D принтер XYZ Printing da Vinci Junior Pro (а), презентаційний матеріал надрукований на 3D принтері до Дня відкритих дверей СумДУ та спеціальності «Матеріалознавство» (б)

Застосування адитивних технологій у промисловості дозволяє виробникам прискорити прототипування нових зразків та скоротити шлях від ідеї до реалізації [3].

Відповідно, на ринку праці вкрай затребувані фахівці, які розуміють можливості та обмеження адитивних технологій. Удосконалюючи процес освіти, адитивні технології розвивають у тих, хто навчається образне мислення, привчають їх до 3D-програмування та проектування. Одночасно це дає можливість для викладача зробити навчальний процес наочним і показати

студенту результат його праці. Створивши на комп'ютері модель, відразу можна розпочати процес її виготовлення і вже за кілька годин тримати її в руках. Отримавши модель можна не тільки на власні очі побачити результат своєї розробки, перевірити її на збирання, ергономіку і працездатність, але й зрозуміти чи все зроблено правильно, чи немає помилок, чи вимагає рішення доопрацювання, або воно готове для запуску у виробництво, так як на папері чи комп'ютері неможливо часом помітити всі неточності або недоліки. І що не менш важливо, такий підхід допоможе нам почати завойовувати втрачений імідж країни, що створює та розвиває наукомісткі виробництва [1].

Література:

1. Гречко О. М. Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя / О. М. Гречко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – № 1. – С. 63-75.
2. Maya M. Eckstein Let's look closer at 3D printing and IP issues / Inside Counsel Magazine. February 9, 2016 [electronic resource]. – Access: <http://www.insidecounsel.com/2016/02/09/lets-lookcloser-at-3d-printing-and-ip-issues?slreturn=1461486797>.
3. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (II частина) / Г.О. Андрощук // Наука, технології, інновації. — 2017. — № 2 (2). — С. 29-36.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Денисов Р.В., Івченко О.В., Одноралов В.М.

Сумський державний університет

Бабич Д.В., Динник О.Д.

Конотопський інститут Сумського державного університету

Методи неруйнівного контролю відіграють особливо важливу роль в оцінюванні якості металів, їх зварюванні та паяні з'єднання. Неруйнівним випробуванням є контроль, який заснований на фізичному процесі з моменту взаємодії фізичного поля або речовини з контрольованим об'єктом для отримання первинної інформації.

Ефективність методів неруйнівного контролю визначається рядом факторів, серед яких основними з них є: чутливість – найменший розмір реального дефекту, виявленого в металевих матеріалах, зварних і паяних з'єднаннях; ефективність – ефективність методу; безпека – ступінь негативного впливу на оператора.

Неруйнівний контроль, в залежності від фізичних явищ, що лежать в його основі, ділиться на види. Тип неруйнівного контролю – це умовне угруповання методів неруйнівного контролю, об'єднаних загальними фізичними принципами, на яких вони засновані.

Методи кожного виду неруйнівного контролю класифікуються за такими характеристиками: характер взаємодії фізичних полів або речовин з контрольованим об'єктом; первинні інформативні параметри; способи отримання первинної інформації.

Оптичний контроль заснований на реєстрації параметрів оптичного випромінювання, що взаємодіють з контрольованим об'єктом.

Радіаційний контроль заснований на реєстрації та аналізі проникаючого іонізуючого випромінювання після взаємодії з об'єктом управління.

Акустичний контроль заснований на реєстрації параметрів пружних хвиль, збуджених і / або що виникають в контрольованому об'єкті.

Тепловий контроль заснований на реєстрації змін теплових або температурних полів контрольованих об'єктів, викликаних дефектами.

Електричний контроль заснований на реєстрації параметрів електричного поля, що взаємодіють з контрольованим об'єктом або виникає в контрольованому об'єкті в результаті зовнішнього впливу.

Таблиця 1 – Класифікація неруйнівних методів контролю якості металевих матеріалів, зварних і паяних з'єднань (Фрагмент)

№.	Вид контролю	Метод контролю	Дефекти, які виявляються	Чутливість методу
1	Оптичні	Візуальний, візуально-оптичний, інтерферометричний; дифракція, рефлексометрична, нефелометрична.	Дефекти поверхні	Виявити дефекти магнітудою $< 0,1$ мм при використанні оптичних приладів зі збільшенням до 30 разів. Розриви, відхилення в розмірах і формі зварного з'єднання від зазначених

№.	Вид контролю	Метод контролю	Дефекти, які виявляються	Чутливість методу
				більш ніж на 0,1 мм, оцінюють якість поверхні, включаючи окислення поверхні і шорсткість поверхні.
5	Тепловий	термометричний, термометричний	Внутрішні дефекти	Створює тепловий потік у напрямку , перпендикулярно у поверхні з'єднання
21	Виявлення витоку	Бульбашковий	Наскрізнi дефекти	...

Капілярний контроль (проникаючі речовини) – заснований на проникненні речовин в порожнини дефектів контрольованого об'єкта.

Магнітне управління засноване на аналізі взаємодії

магнітного поля з контрольованим об'єктом.

Управління вихровим струмом засноване на аналізі взаємодії електромагнітного поля перетворювача вихрового струму з електромагнітним полем вихрових струмів, індукованих в контрольованому об'єкті.

Контроль витoku – заснований на проникненні речовин через розриви в контрольованому об'єкті.

Характерні дефекти металевих матеріалів, зварних і паяних з'єднань, виявлені неруйнівними методами контролю, наступні:

дефекти поверхні: поверхневе окислення, поверхневі тріщини і пори, подрізи і не-затяжки, нез'єднання, загальна і місцева ерозія; внутрішні дефекти: непай, непай, внутрішні тріщини, пори, усадка снарядів, шлак, флюс, металеві та неметалеві включення, структурні дефекти, пухкість, незварювні шви; через дефекти: непай, непай, загальна і місцева ерозія, поєднання внутрішніх і зовнішніх дефектів, що призводять до витоків, тріщин.

В роботі представлено класифікацію (див. табл. 1) технічних можливостей стандартизованих методів неруйнівного контролю, їх особливості та чутливість, а також області застосування металевих матеріалів, їх зварних і паяних з'єднань.

ПАСПОРТ НА СТЕНД УНІВЕРСАЛЬНИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ВИРОБІВ НА МІЦНІСТЬ

Денисов Р.В., Івченко О.В., Одноралов В.М.

Сумський державний університет

Бабич Д.В., Динник О.Д.

Конотопський інститут Сумського державного університету

Стенд універсальний гідравлічний для випробування виробів на міцність (далі – СТЕНД) призначений для відтворення та підтримки в заданих діапазонах, з необхідною точністю та стабільністю впродовж встановленого інтервалу часу, режимів та умов випробування (далі – випробування), виконання вимірювань під час визначенні показників та характеристик міцності виробів, що зазначені в таблиці 1 у відповідності з діючими вимогами нормативних документів на них.

СТЕНД використовується для проведення приймально-здавальних, періодичних, випробувань для підтвердження відповідності та типових випробувань арматури гальмівного обладнання рухомого складу залізниць.

Область застосування СТЕНДу – підприємства різних форм власності й фізичні особи-підприємці, які займаються виготовленням арматури гальмівного обладнання рухомого складу залізниць. СТЕНД є стаціонарним об'єктом.

Тиск в системі здійснюється від гідроциліндру не більше 2,3 МПа, що входить до комплекту стенду універсального гідравлічного для випробування виробів на міцність.

Загальна схема стенду універсального гідравлічного для випробування виробів на міцність наведена на рис. 1.

Складові частини виробу наведені в табл. 2.

При введені в експлуатацію стенд універсальний гідравлічний для випробування виробів на міцність підлягає перевірці метрологічних характеристик відповідно до ДСТУ EN ISO/IEC 17025.

Таблиця 1 – Перелік продукції

П.п.	Назва виробу	Умовне позначення
1	Рукава з'єднувальні, що використовуються на залізничному рухомому складі та метрополітені	
	Тип рукава	Типорозмір рукава
1.1	P1-1	P17Б
1.2	P1-2	P11; P12; P13; P14; P16
1.3	P2	P15; P21; P23; P31; P32; P34
1.4	P3	369А
2	Крани та деталі з'єднувальні, що використовуються на залізничному рухомому складі та метрополітені	
2.1	Крани кінцеві	190; 4304; 4314, 4314Б
2.2	Стоп-крани	163
2.3	Крани роз'єднувальні	372; 379; 383
3		
3.1	Штуцери	4370, 4374Т
3.2	Ніпеля	4371
3.3	Муфти	4379
3.4	Трійники	4375, 573

Перевірка метрологічних характеристик проводиться згідно з програмою і методикою перевірки метрологічних характеристик.

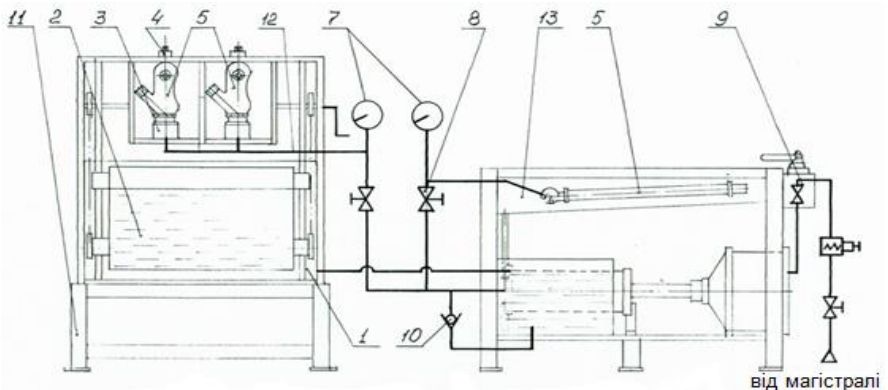


Рисунок 1 – Структурна гідравлічної схема СТЕНДУ

Таблиця 2 – Складові частини СТЕНДУ

№ п/п	Назва	Номер позиції на рис. 1
1	2	3
1	Нижній бак	1
2	Верхній бак	2
3	Штуцер вихідний	3
4	Вінт пружинний	4
5	Вироби що випробовуються	5
6	Манометри	7
7	Вентиль	8
8	Кран машиніста	9
9	Клапан зворотній	10
10	Станина	11
11	Трубопровід	12
12	Ванна	13

**ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ
МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК (ВИМОГ) СТЕНДУ
УНІВЕРСАЛЬНИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ ДЛЯ
ВИПРОБУВАННЯ ВИРОБІВ НА МІЦНІСТЬ**

Денисов Р.В., Івченко О.В., Одноралов В.М.

Сумський державний університет

Бабич Д.В., Динник О.Д.

Конопотський інститут Сумського державного університету

Ця програма та методика перевірки метрологічних характеристик (далі – програма) розроблена у відповідності до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», ДСТУ EN ISO/IEC 17025, розповсюджується на стенд універсальний гідравлічний для випробування виробів на міцність (далі – СТЕНД) та встановлює зміст та методику їх перевірки метрологічних характеристик (далі – атестацію).

В якості засобів вимірювання тиску в гідравлічній системі

СТЕНДу використовується комплект манометрів з верхніми границями діапазону вимірювання 2,5 МПа, класу точності 0,6.

Під час проведення атестації треба забезпечити відповідні умови експлуатації ЗВТ та засобів атестації.

Методика досліджень

1 Зовнішній огляд

Під час зовнішнього огляду перевіряють відповідність стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність таким вимогам: склад та комплектність згідно ЕД на стенд; відсутність механічних пошкоджень ЗВТ, що входять до складу стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність, трубопроводів, запірної арматури та інших дефектів, які перешкоджають роботі стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність.

Результати перевірки вважають позитивними, якщо зовнішній вигляд стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність відповідає вимогам ЕД.

Перевірку маркування стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність проводять візуально шляхом звіряння з вимогами ЕД. Маркування повинно бути чітким, написи повинні легко бути прочитані та відповідати вимогам ЕД.

Результати перевірки вважають позитивними, якщо маркування стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність відповідає вимогам ЕД на стенд.

Перевірку ЗВТ, що входять до складу СТЕНДу, на наявність діючих свідоцтва та (або) відбитків тавр проводять візуально, шляхом виявлення чинних термінів повірки або калібрування.

Результати перевірки вважають позитивними, якщо ЗВТ, що входять до складу стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність, мають чинні свідоцтва та відбитки тавр.

Перевірка загальних вимог електричної безпеки проводиться шляхом перевірки наявності затискача захисного заземлення та знаку захисного заземлення на корпусі стенду універсальному

гідравлічному для випробування виробів на міцність у відповідності з ДСТУ EN 60335-1.

Результати перевірки вважаються позитивними, якщо всі ці умови витримані.

2 Перевірка функціонування запірної арматури стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність

Перевірку функціонування запірної арматури СТЕНДУ проводять візуально, шляхом опробування перемикачів кранів, яке повинно бути повним, плавним, без допомоги додаткових важелів.

Результати перевірки вважають позитивними, якщо функціонування запірної арматури стенду відповідає вимогам ЕД.

3 Перевірка герметичності СТЕНДУ

Перевірка герметичності СТЕНДУ під час атестації проводиться шляхом створення надлишкового тиску робочого середовища не менше ніж Рроб максимального робочого тиску в кожному з елементів гідравлічного тракту стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність.

Результати операції перевірки вважають позитивними, якщо:

у місцях з'єднань трубопроводів стенду універсальному гідравлічному для випробування виробів на міцність проявів витоків робочої рідини не спостерігається; покази манометрів протягом 5 хв є стабільними.

4 Перевірка функціонування СТЕНДУ

Перевірка функціонування СТЕНДУ проводиться відповідно з вказівками, що наведені в НЗЕ.

Результати операції перевірки вважають позитивними, якщо можливо відтворювати та підтримувати режими та умови випробувань, що наведені в НЗЕ СТЕНДУ.

5 Визначення точносних характеристик

Нормовані характеристики СТЕНДУ:

а) максимальний надлишковий тиск робочої рідини в гідросистемі СТЕНДУ, не більше ніж 2,1 МПа;

б) максимальний надлишковий тиск робочої рідини в

гідросистемі СТЕНДу для перевірки міцності виробів.

в) стабільність показів надлишкового тиску робочого рідини СТЕНДу під час відключення насоса протягом часу не менше ніж 1 хв;

г) похибка вимірювання надлишкового тиску робочої рідини в гідросистемі СТЕНДу в кожному діапазоні визначається класом точності відповідних манометрів, що повинен бути не нижче ніж 0,6;

д) похибки вимірювання інтервалів часу визначаються похибкою секундоміра, що повинна бути не більше, ніж $\pm 0,1$ с.

DSMIE SUMMER SCHOOL ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАЛУЧЕННЯ МОЛОДІ ДО НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Іванов В.О., Денисенко Ю.О., Харченко Н.А., Павленко І.В.
Сумський державний університет

Важливою компонентою якості освіти є науково-дослідницька діяльність студентів. У наш час наукова діяльність студентів зазвичай відбувається двома способами: навчання студентів організації дослідницької діяльності та проведення наукових досліджень під керівництвом професорського-викладацького складу у рамках наукових тематик кафедр, факультетів. Такий підхід обмежує широту наукових поглядів, ідей тощо та, на жаль, не мотивує більшість студентів на науково-дослідницьку діяльність.

Авторами запропоновано інноваційний підхід, покликаний прагненням створити платформу для кооперації між молодими науковцями та провідними вченими в інженерній галузі. Вперше запропоновано підхід, що включає колаборацію двох окремих наукових заходів: наукову міжнародну конференцію (International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange) та літню школу (DSMIE Summer School). В основу інновації покладено багаторівневу залученість студентів. Слухачі отримують інформацію декількома

взаємодоповнюючими способами, зокрема: заслуховують доповіді та задають питання учасникам конференції (у т.ч. засобами дистанційного зв'язку), опрацьовують повнотекстові статті конференції DSMIE, починаючи з 2018 року, що опубліковано у виданні Lecture Notes in Mechanical Engineering (індексується БД Scopus, Web of Science Core Collection), звітують у формі літературного огляду за обраним науковим напрямом. Студенти-бакалаври, студенти-магістри, аспіранти – беруть безпосередню участь в заході, отримують знання щодо новітніх досягнень науки і техніки, мають можливість обговорити свої ідеї із провідними вченими світу, отримують натхнення і мотивацію до наукової діяльності, і як результат мають літературний огляд сучасних публікацій за тематикою дипломних та кваліфікаційних робіт. Потенційними учасниками цього підходу є абітурієнти, які шляхом отримання інформації через медіа-контент та соціальні мережі також мають можливість взяти участь у заході.

Аналіз світових джерел показав, що організація літньої школи зазвичай відбувається на базі організацій, діяльність яких відповідає обраному напрямку або на базі спеціально організованого табору. Мета таких шкіл – згуртування молоді, розвиток комунікаційних якостей, практико-орієнтоване навчання, бізнес-інкубатори. Отже, запропонований інноваційний підхід впроваджено вперше. Апробація запропонованої інновації довела, що цільова аудиторія опосередковано, дистанційно, неформально отримала та/або вдосконалила навички наукової праці та співпраці в своїй галузі.

ПЕРЕДУМОВИ АВТОМАТИЗАЦІ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Колос В.О., Іванов В.О., Павленко І.В., Залога В.О.
Сумський державний університет

Сьогодні важливою проблемою виробництва є суперечність між необхідністю скоротити витрати часу, необхідні для проектування продукції, та зростаючою складністю процесів проектування. За останні двадцять п'ять років асортимент продукції збільшився більш ніж у два рази. Постійно зростають вимоги до точності та якості виготовлення продукції. Збільшення номенклатури виробів на сучасних машинобудівних підприємствах вимагає від виробників зменшення витрат часу на проектування верстатних пристроїв, що викликає питання про економічну доцільність виготовлення програмного забезпечення.

Розроблено методику кодування деталей типу кронштейни, що дозволяє автоматизувати процес проектування верстатних пристроїв. Структурний код у формалізованому вигляді можна представити сукупністю (рис. 1), що містить конструкторські (*d_features*) та технологічні (*t_features*) ознаки. Конструкторські ознаки, що є сукупністю класифікацій за призначенням (*purpose*), функціональними властивостями (*functional*), типом профілю (*profile*), наявністю конструкторських баз (*bases*). Технологічні ознаки, до яких відносять розташування базових поверхонь (*locsurf*), форму базових поверхонь у поперечному перерізі (*formsurf*), тип базової поверхні (*typesurf*), точність базової поверхні (*accuracy*), габаритні розміри деталі (*sizes*), вага (*mass*) та матеріал (*material*).

Для кожного типового представника деталей типу кронштейни (рис. 2) можна запропонувати декілька теоретичних схем базування. Вибір схем базування залежить від геометричної форми та конструктивних особливостей деталі (наявність площин, уступів, отворів тощо), точності розмірів, форми та

просторового розташування поверхонь одна відносно іншої, якості та шорсткості поверхонь, жорсткості деталі.

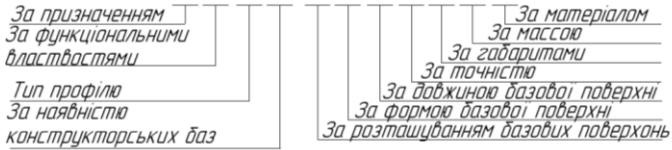


Рисунок 1 – Структура конструкторсько-технологічного коду деталей типу кронштейни

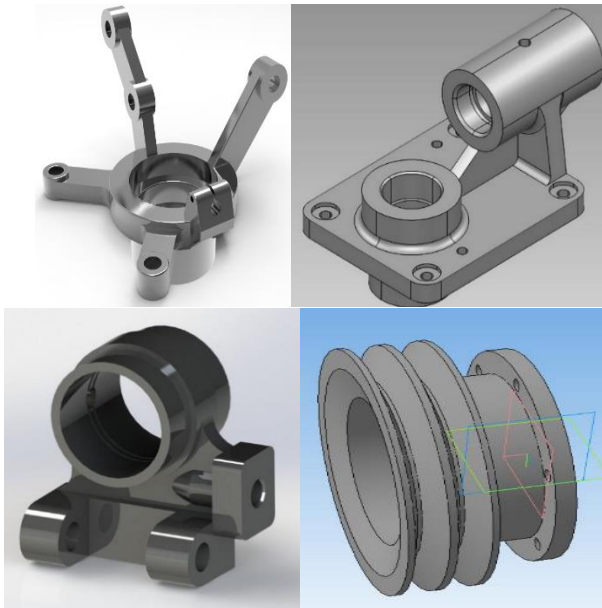


Рисунок 2 – Типові представники деталей типу кронштейни

На основі досліджень виявлено 27 теоретичних схем базування, згрупованих за типом деталей і комбінаціями їх геометричних параметрів, що охоплюють майже весь спектр деталей машинобудування. Фрагмент класифікації представлено у табл. 1.

Отримала подальший розвиток систематизація схем базування заготовок у верстатних пристроях, на основі чого розроблено методологію, яка дозволяє вдосконалити проектні процедури при конструюванні верстатних пристроїв, у тому числі в автоматизованому режимі, та враховує конструкторсько-технологічні особливості заготовок деталей і задані технологічні умови.

Таблиця 1 – Способи реалізації теоретичних схем базування (фрагмент)

Теоретичні схеми базування	Способи реалізації			
	№	Установлювальна база	Напрямна база	Опорна база
1. За трьома площинами	1.1	Пластини	Пластина	Опора
	1.2	Опори	Опори	Опора
	1.3	Пластини	Опори	Опора
	1.4	Пластина та опори	Опори	Опора
	1.5	Пластина та опори	Пластина	Опора
2. За двома площинами та отвором	2.1	Пластини	Циліндричний палець	Опора
	2.2	Опори	Циліндричний палець	Опора
	2.3	Пластини	Розтискний самоцентруючий палець	Опора
	2.4	Опори	Розтискний самоцентруючий палець	Опора

ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТИФТОВИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ

Кононович В.М., Дегтярьов І.М.
Сумський державний університет

Насосне обладнання, як і багато інших механізмів в машинобудуванні мають рухомі механізми, деталі яких повинні бути максимально точно з'єднанні між собою. Таке з'єднання можна реалізувати за допомогою штифтів.

Штифтовим називається з'єднання окремих частин механізму за допомогою штифта. Штифтові з'єднання застосовують для фіксації взаємного положення деталей, при передачі порівняно невеликих обертаючих моментів, для закріплення деталей на кінці вала застосовується з'єднання, де штифт виконує роль круглої шпонки. Як поширеного прикладу можна навести фіксацію двома штифтами взаємного положення корпусу і кришки насоса, що необхідно при спільній механічній обробці цих деталей та складання.

Переваги штифтових з'єднань: їх простота, технологічність і низька вартість. Недолік деяких штифтових з'єднань - ослаблення перетину вала отвором і пов'язана з цим концентрація напружень.

Конструкція і розміри штифтів регламентовані багатьма стандартами. Основні типи стандартних штифтів представлені на рисунку 1.

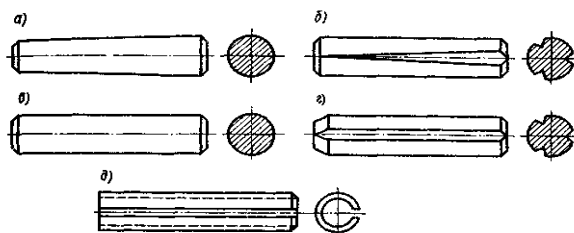


Рисунок 1 – Основні види конструкцій штифтів: а) конічний гладкий; б) конічний з насічками; в) циліндричний гладкий; г) циліндричний з насічками; д) пружинний

Гладкі конічні і циліндричні штифти найчастіше застосовують в якості направляючих для фіксації взаємного положення деталей, що з'єднуються; отвори під штифти в цих деталях свердлять і розгортають спільно. Циліндричні штифти ставлять в отвори з натягом; в рухомих з'єднаннях кінці штифтів розклепують. Конічні штифти виготовляють з конусністю 1:50, вони допускають багаторазове збирання-розбирання і тому застосовуються частіше.

Також існують інші види штифтових з'єднань, які не так часто застосовуються, адже технологічний процес їх виготовлення та встановлення досить складний та дороговартісний. Всі вони потребують більш детального дослідження.

Література:

1. Ржебаева Н. К. Расчет и конструирование центробежных насосов : учеб. пособие / Н. К. Ржебаева, Э. Е. Ржебаев. – Сумы : СумГУ, 2009. – 220 с.
2. Молодык Н. В. Восстановление деталей машин : справочник / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 480 с.
3. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. Г. Гусак

МЕТОДИКА КАЛІБРУВАННЯ УСТАНОВКИ ТРУБОПОРШНЕВОЇ

Корнієнко А.О., Сушко В.В., Денисенко Ю.О.
Сумський державний університет

Комерційний облік енергоресурсів завжди ведеться засобами вимірювальної техніки з визначеними нормованими метрологічними характеристиками. Безперебійність роботи таких приладів забезпечить найбільшу довіру до достовірності при розрахунках. Для забезпечення можливості проведення метрологічної перевірки, повірки або калібрування турбінних витратомірів рідини (нафти) в діапазоні від 11 до 550 м³/год на

місці їх експлуатації забезпечує установка трубопоршнева типу ТПУ 550-64-40 виробництва «Енергоінвест. Вимірювальні системи». За її допомоги процес відпуску нафти на вузлі обліку стає стабільним, без значних зупинок.

Законодавство України в сфері метрологічної діяльності зазнало змін за останні роки. Згідно Постанови КМУ від 04.06.2015 р. № 374 установка трубопоршнева не потрапила до Переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці, таким чином вона відноситься до еталонів. Згідно Порядком проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів (Наказ Мінекономіки від 08.02.2016 р. № 193) еталони, які застосовуються під час проведення повірки, мають бути калібровані з дотриманням міжкалібрувальних інтервалів і повинні відповідати вимогам ДСТУ OIML D 23.

Таким чином, метою роботи є забезпечення достовірності та підвищення точності вимірювань шляхом розроблення Методики калібрування установки трубопоршневої типу ТПУ 550-64-40.

Одним із етапів розроблення Методики є визначення модельного рівняння, що визначає основні джерела невизначеності вимірювання об'єму рідини установкою. До джерел невизначеності відносяться складові, що обумовлені: розширеною невизначеністю еталону; дрейфом метрологічних характеристик еталону; похибкою зчитування показів установки та еталону оператором; впливом випадкових факторів; перетоками рідини крізь ущільнення сфери.

Отже, розроблення Методики калібрування установки трубопоршневої є важливим етапом у забезпеченні точності вимірювань. Методика калібрування повинна враховувати зазначені джерела невизначеності, а також відповідати вимогам Європейської асоціації з акредитації EA-4/02 M:2013 «Вираз невизначеності вимірювання при калібруванні». Результатами калібрування за розробленою Методикою є протокол із зазначенням дійсних показів приладу, за якими можна обчислити

відхилення від дійсних значень вимірюваних величин і тим самим значно підвищити точність вимірювань.

ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИЙ ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВИЛКИ

*Косов М.О., Беседін М.Є., Дегтярьов І.М., Іванов В.О.
Сумський державний університет*

Забезпечення точності виготовлення деталей на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах залежить від технологічних можливостей обладнання та верстатних пристроїв. Реалізація технологічних процесів із можливістю багатокоординатного оброблення є важливим етапом підвищення продуктивності та забезпечення точності оброблення поверхонь деталей.

Запропоновано компонування гнучкого верстатного пристрою для багатокоординатного оброблення деталей типу вилки шарнірного з'єднання, що широко використовуються в автомобілебудуванні. Корисна модель дозволяє базування та закріплення заготовок деталей типу вилки за зовнішніми циліндричними поверхнями бобишок на свердлильних, фрезерних, розточувальних та багатоцільових верстатах із числовим програмним керуванням, а також верстатах із поворотним столом з можливістю обертання по осям А та В.

Прототипом є універсально-збірний верстатний пристрій для закріплення вилок на фрезерних операціях, складений із елементів системи універсально-збірних пристроїв. Основним недоліком є неможливість оброблення деталі з кількох сторін, а також значні витрати часу на переналагодження, базування та закріплення, оскільки виконується тільки в ручному режимі.

Переналагоджуваний верстатний пристрій для оброблення деталей типу вилки є модульним і може бути встановлений за рахунок стандартизованих установлювально-затискних елементів у базуючі модулі або стандартні верстатні пристрої

типу трикулачкового патрона. Він містить призму, у яку встановлюється деталь та затискається прихватом, який має можливість змінювати своє положення, таким чином дозволяє встановлювати деталі з різним діаметром центральної частини. Прихват закріплюється за допомогою двох гвинтів з голівкою у формі квадрата, при цьому гвинти мають можливість обертатися на осях, таким чином, даючи можливість установа та зняття заготовки. Завдяки конструкції даного верстатного пристрою деталь обробляється за один установ, у декількох позиціях, що реалізуються шляхом зміни положення стола багатокоординатного оброблювального центра з ЧПК.

Використання модульного верстатного пристрою забезпечує підвищення гнучкості та скорочення витрат підготовчо-заключного часу на переналагодження при переході до оброблення заготовок іншого типорозміру, а також забезпечує комплексне механічне оброблення деталей типу вилки.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ШАТУНИ

*Косов І.О., Парфенцев І.С., Дегтярьов І.М.
Сумський державний університет*

Для забезпечення точності обробки деталей на металорізальних верстатах застосовують верстатні пристрої (ВП), призначені для точного базування та надійного закріплення заготовки. Розширення технологічних можливостей сучасних верстатів обумовлює необхідність вдосконалення проектних процедур при технологічній підготовці виробництва. Різноманітність деталей та тенденція до підвищення їх складності, а також прагнення до скорочення витрат часу змушує шукати нові підходи до проектування технологічної оснастки.

Властивою відмінністю сучасного машинобудування є багатоміноменклатурність деталей, які виготовляються. Збільшення різновидів деталей змушує ускладнювати проектно-

конструкторські роботи із підготовки технологічної оснастки, особливо ВП. Дані умови виробництва вимагають багаторазових переналагоджень під час обробки інших партій деталей, що потребує економічного обґрунтування для проектування та виготовлення спеціальних пристроїв для деталей певних типорозмірів.

Об'єктом дослідження обрано деталі типу шатунів. Більшість деталей типу шатунів мають складну геометричну форму, що викликає певні труднощі при базуванні та закріпленні заготовок на операціях механічної обробки. Комплексне конструкторсько-технологічне вдосконалення дозволяє зробити готовий виріб більш якісним (збільшений ресурс роботи, зменшити масу та час виготовлення, зробити більш технологічним та точнішим) з меншою вартістю, що потребує сучасний ринок машинобудування.

Зважаючи на постійне вдосконалення верстатного та інструментального виробництва виникає необхідність у вдосконаленні технології виготовлення деталі. Високопродуктивне комплексне обладнання дозволяє виконувати обробку на одному верстаті досить великої групи різнохарактерних поверхонь. Якщо використовувати сучасний верстат з поворотними головками, або ж п'ятиосьовим столом, то технологія обробки нерознімного шатуна може звестись до трьох – чотирьох механічних операцій.

Розроблено два гнучких ВП, що призначені для установавання шатунів різних типорозмірів. Завдяки розробленим ВП вдалося значно скоротити технологічні процеси виготовлення деталей типу шатунів. Було проведено ряд досліджень та розрахунків, які довели, що продуктивність технологічного процесу (ТП) з використанням розроблених ВП значно більша в порівнянні з типовими ТП [1]. Це не вплинуло на точність та якість оброблюваних поверхонь деталей типу шатунів. За основний ВП обрано конструкцію, в котрій обробка деталі можлива за одну механічну операцію.

Запропонований ТП сприяє підвищенню продуктивності у декілька разів, для окремих видів продуктивності та кількості

деталей в партії. Отже застосування розробленого ВП дозволяє скоротити час виготовлення деталі, тобто зменшити такт випуску, зменшити виробничі площі та сумарну потужність обладнання, таким чином це дозволить зменшити вартість готового продукту.

Література:

1. Косов Н. П. Станочные приспособления для деталей сложной формы. М., «Машиностроение», 1973.

РАЦІОНАЛЬНИЙ СИНТЕЗ КІНЕМАТИКИ РЕІНЖІНІРИНГОВИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Коноплянченко Є.В., Сунь Чжаоян

Сумський національний аграрний університет

З усього різноманіття з'єднань, що входять до складальних одиниць, агрегатів і виробів, можна виділити типові, що мають загальні характеристики по службовому призначенню і формі поверхонь їх сполучення. Поділ складальних з'єднань за формою поверхонь, що сполучаються, полегшує завдання автоматизації їх складання. Тому процес селективного розбирання виробів на етапі реінжинірингу можна розглядати як ряд типових процесів роз'єднання деталей за їх поверхнями: сферичним, конічним, циліндричним, різьбовим, плоским та ін. При цьому положення будь-якої деталі у просторі визначається трьома переміщеннями та трьома поворотами у системі координат. Процес автоматичного розбирання будь-якої складальної одиниці являє собою просторове завдання, яке можна вирішити за допомогою розмірних ланцюгів відносних поворотів поверхонь системи «вироби, що розбираються - робот».

Першим етапом синтезу є опис математичних моделей виконавчих органів автоматизованого обладнання. Залежно від структурно-кінематичної схеми промислові роботи класифікуються на 4 групи: прямокутна (декартова) система координат; циліндрична система координат; сферична (полярна)

система координат; кутова (ангулярна) система координат. Другим етапом вибору промислових роботів є аналіз можливості реалізації складальних з'єднань з урахуванням точності, маси та габаритних розмірів елементів, що збираються. Для складання виробів вибираються ті роботи, технічні характеристики яких дозволяють здійснити складання з урахуванням аналізованих характеристик. Третім етапом вибору промислових роботів є їхній вибір за вартістю. При аналізі виробничої технологічності виробів, що збираються, в першу чергу вибираються ті роботи, які мають меншу вартість.

Подальше дослідження у цьому напрямі виявило те, що важливий вплив на оптимальний варіант послідовності розбирання здійснюють: наявність необхідної технологічної оснастки та її вартість; вартість виконання операцій розбирання та складання, налагодження та контролю окремих вузлів машин; вартість окремих деталей, що входять до виробу; екологічна безпека доступу до деталей, які працюють у умовах, небезпечних людини.

Адаптація наведених вище методів полягає у формалізації процесу розбирання виробів з урахуванням впливу як умов експлуатації на виріб, так і обліку ступеня впливу залишкових негативних експлуатаційних факторів у виробі на навколишнє середовище. Виріб з точки зору технології розбирання є сукупністю видів з'єднань деталей, що входять до нього. На процес трансформації виду з'єднання під час експлуатації впливає ряд факторів: – часу експлуатації; - умов експлуатації; - ступеня залишкового впливу на навколишнє середовище. Фактор часу – за тривалий час експлуатації деталей навіть за нормальних умов відбувається зміна виду з'єднання, пов'язане, наприклад, зі зносом пар тертя; Зміни фізичних властивостей деталей, що у контакті (пересихання гумових ущільнень, намагнічування поверхні контакту тощо. буд.). Фактор умов експлуатації – вплив агресивного середовища, запилення робочої зони, термовплив, важкі навантаження, експлуатація в умовах жорсткого випромінювання (підвищена радіація), хімічне, бактеріологічне та інші види зараження. Тому розроблена методика враховує

наслідки експлуатації виробу на кінематичні та часові обмеження, при виконання робіт по ремонту і модернізації складного обладнання на етапі його реінжинірингу.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ ВИРОБІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

***Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М.,
Криворучко Д.В.***

Сумський державний університет

Випробування на витік – це процедуру щодо перевірки герметичності деталі за допомогою пневматичного тесту. На відміну від більшості типів вимірювань, таких як вимірювання ваги або визначення об'єму, виявлення витіку не можливо без застосування спеціалізованих стендів, що можна класифікувати за видом автоматизації процесу випробувань:

1. Система верифікації зазвичай контролюється оператором, що вказує на місце витіку:

- випробування частини у воді під тиском (візуальний огляд);
- тестування частини в мильній воді під тиском (візуальний огляд);
- тестування реагентами на тиск та лампами UVA (візуальний огляд);
- випробування напірного газу (гелію) (управління мас-спектрометром);
- тестування гарячого повітря (візуальний огляд інфрачервоними променями);
- випробування діелектричних змін на пластикових виробках (високовольтна іонна система);
- тестування водню (перевірка локалізації).

2. Автоматична система, що вказує на нормальні умови і кількість витіку:

- вимірювання потоку тиску;

- вимірювання падіння диференціального тиску між досліджуваною частиною та спеціальним зразком (виконується на лавці);
- вимірювання через абсолютне падіння тиску;
- тримаючи тиск під ковпачком.

За першим видом випробувань дозволяється проводити наукові дослідження в області статистичного контролю і в автономному режимі, за умови малого витoku та можливості візуального аналізу похибки.

За другим видом – випробування є ефективним заходом (бар'єром) або фільтром останнього етапу контролю якості виробу, для підтвердження його відповідності вимогам нормативних або законодавчих вимог.

Проаналізуємо принцип роботи стендів за першим видом. По-перше, не можливо використовувати високоточне устаткування, вимірювання кількісних характеристик витoku за допомогою мас-спектрометрів (віток гелію через детектори). Струмові детектори є гіперчутливі до появи струмів в порівнянні з будь-якою іншою системою. З іншого боку, систем, які використовують воду, мило та реагент, дозволяють виявити дозу невеликого витoku, але використовують дешеві розхідні матеріали, які, на сам перед, не можуть бути використані під час автоматизації і тому обов'язково необхідний візуальний огляд оператора. На відміну від більшості відомих вимірювальних систем, контроль витoku майже завжди вимагає додаткового механізму. Вибір методу поліпшення випробувань на герметичність в основному залежить від похибок приладів та самого методу: допустима швидкість витoku; тип випробувань: місце витoku або вимір кількості витoku; конкретний перелік перевірених частин: розміри, межа висуку і межа підтримки, пакувальні матеріали, оброблена поверхня та інше; умови використання випробувань; параметри екологічних безпеки, інше.

У таблиці 1 наведено приклади застосування деяких методів.

Таблиця 1 – Класифікація методів

Метод	Газ	Тип тесту	Чутливість [Па м ³ /с]
Інертні гази та спектрометри	Гелій	Місцевий / Здано - не здано	10 ⁻¹¹ ... 10 ⁻⁶
Тест на відповідність під ковпачком	Повітря	Здано - не здано	10 ⁻⁶
Тест на падіння тиску	Повітря	Здано - не здано	10 ⁻⁵
Тест на швидкість потоку або масовий потік	Повітряний простір	Здано - не здано	10 ⁻⁴
Візуальний огляд в резервуарі для води, з використанням стисненого повітря	Повітряний простір	Візуальний огляд	10 ⁻⁴

Примітка. Метод з використанням гелію не розглядається, так як не використовується в більшості галузей промисловості. Випробування на занурення також не згадується в цьому матеріалі, так як не ефективний для застосування, тому що не дозволяє визначити точку витoku.

Таким чином, система високоточного контролю дозволяє ефективно підвищити чутливість методів випробувань. В той же час вартість устаткування та проведення процедури контролю дозволяє використовувати її тільки там, де вона дійсно потрібна, тобто для холодоагентів, мікроелектроніки, стимуляторів та інше.

Низький рівень чутливості методу вказує на те, що вимірювання неможливе. Це означає загальну невизначеність під час використання для випробування серії виробів і високу вартість контролю через неможливість автоматизувати цей процес.

ПАСПОРТ НА СТЕНД УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПНЕВМАТИЧНИЙ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ВИРОБІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

**Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М.,
Криворучко Д.В.**

Сумський державний університет

Стенд універсальний пневматичний для випробування виробів на герметичність (далі – СТЕНД) призначений для відтворення та підтримки в заданих діапазонах, з необхідною точністю та стабільністю впродовж встановленого інтервалу часу, режимів та умов випробування (далі – випробування), виконання вимірювань під час визначенні показників та характеристик виробів (табл. 1) відповідно до діючих нормативних документів на них.

Таблиця 1 – Перелік продукції

№ п/п	Назва виробу	Умовне позначення
1	Рукава з'єднувальні, що використовуються на залізничному рухомому складі та метрополітені	
	Тип рукава	Типорозмір рукава
1.1	P1	P11; P12; P13; P14; P16; 747
1.2	P2	P15; P21; P23; P31; P32; P34; P36A; P36Б; P36B; P36Г
1.3	P3	369A
2	Крани та деталі з'єднувальні, що використовуються на залізничному рухомому складі та метрополітені	
2.1	Крани кінцеві	190; 4304M; 4314
2.2	Стоп-крани	163
2.3	Крани роз'єднувальні	772; 379; 383
2.4	З'єднування безнарізні	4370 M
2.5	Ніпеля	4371 M

№ п/п	Назва виробу	Умовне позначення
2.6	Муфти	4379 М
2.7	Трійники	4375 М

СТЕНД використовується для проведення приймально-здавальних, періодичних, випробувань для підтвердження відповідності та типових випробувань арматури гальмівного обладнання рухомого складу залізниць.

Область застосування СТЕНДУ – підприємства різних форм власності й фізичні особи-підприємці, які займаються виготовленням арматури гальмівного обладнання рухомого складу залізниць. СТЕНД є стаціонарним об'єктом. Основні параметри і розміри СТЕНДУ повинні відповідати значенням, вказаним в таблиці 2.

Подача повітря здійснюється від зовнішнього джерела стисненого повітря тиском не більше 1,1 МПа, що не входить до комплексу СТЕНДа.

Загальна схема СТЕНДУ наведена на рис. 1.

Таблиця 2 – Основні параметри і розміри СТЕНДУ

№ п/п	Назва параметру	Значення
1	Максимальний надлишковий тиск повітря в пневмосистемі стенда, МПа (кгс/см ²)	1,1 (11,0)
2	Температура повітря в пневмосистемі стенда, °С (К)	від 5 до 40 (від 278 до 313)
3	Діапазон відтворення тиску повітря, МПа (кгс/см ²)	від 0,2 до 1,1 (від 2,0 до 11,0)
4	Допустиме відхилення від встановленого значення тиску випробувань на герметичність, МПа (кгс/см ²):	0,5 (0,5)

№ п/п	Назва параметру	Значення
5	Допустима відносна похибка вимірювання тиску повітря при випробуваннях на герметичність, %	2,0
6	Стабільність тиску в пневмосистемі стенду, не менше, хв.	5
7	Місткість технологічної ванни для води, л	30
8	Місткість ресиверу для стисненого повітря, л	20
9	Кількість ліній для випробувань, шт.	5
10	Габаритні розміри, мм, не більше:	
11	довжина	2500
12	ширина	1000
13	висота	1310
14	Маса, кг, не більше	300

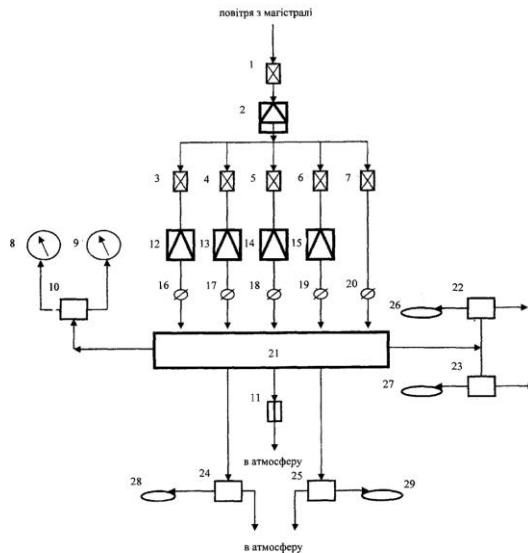


Рисунок 1 – Загальна схема СТЕНДУ: кульові крани – поз. 1, 3–7; фільтр-регулятор – поз. 2; манометри поз. 8, 9; запобіжний клапан – поз. 11; регулятори тиску – поз. 12–15; зворотні клапани – поз. 16–20; ресивер – поз. 21; пневморозподілювачі – поз. 10, 22–25; шланги – поз. 26–29

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК (ВИМОГ) СТЕНДУ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПНЕВМАТИЧНОГО ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ВИРОБІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

**Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М.,
Криворучко Д.В.**
Сумський державний університет

Ця програма та методика перевірки метрологічних характеристик розроблена у відповідності до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», ДСТУ EN ISO/IEC 17025, розповсюджується на стенд універсальний пневматичний для випробування виробів на герметичність (далі – СТЕНД) та встановлює зміст та методику їх перевірки метрологічних характеристик.

В якості засобів вимірювання тиску в пневматичній системі СТЕНДУ комплект манометрів з верхніми границями діапазону вимірювання 1,6 МПа, класу точності 0,6.

В складі СТЕНДУ використовуються наступні засоби вимірювальної техніки (далі – ЗВТ): для вимірювання інтервалів часу – секундомір з діапазон вимірювання інтервалів часу від 0 с до 30 хв та похибкою вимірювання ± 1 с; для вимірювання атмосферного тиску – барометр-анероїд з діапазоном вимірювання тиску від 80 кПа до 106 кПа, границі абсолютної похибки $\pm 0,2$ кПа; для вимірювання вологості та температури навколишнього середовища – гігрометр психрометричний з діапазоном: вимірювання відносної вологості від 20 % до 90 %, при температурі від 15 °С до 40 °С, границі абсолютної похибки ± 6 %; температури від 15 °С до 40 °С.

При атестації СТЕНДУ для контролювання його технічних характеристик повинні бути виконані операції, вказані в табл. 1. Значення надлишкового тиску повітря в лінії пневмосистеми СТЕНДУ наведено в табл. 2.

Таблиця 1 – Експериментальні дослідження та перелік операцій

Назва операцій	Номер пункту методики атестації	Проведення операцій при	
		первинній атестації	періодичній атестації
1 Зовнішній огляд			
1.1 Перевірка зовнішнього вигляду	9.1.1	так	так
1.2 Перевірка маркування стенду	9.1.2	так	так
1.3 Перевірка наявності діючих свідоцтв, відбитків тавр на манометрах, що свідчать про їх повірку (калібрування)	9.1.3	так	так
2 Перевірка функціонування запірної арматури стенду	9.2	так	так
3 Перевірка герметичності пневмосистеми стенду	9.3	так	так
4 Перевірка функціонування СТЕНДУ	9.4	так	так
5 Визначення точносних характеристик	9.5	так	так

При негативних результатах будь-якої операції атестацію СТЕНДУ припиняють. СТЕНД підлягає доробці з повторним проведенням атестації. Визначення точносних характеристик СТЕНДУ проводиться при створенні в його пневмосистемі відповідних значень тиску в діапазонах вимірювання:

- а) значення похибки вимірювання тиску робочого середовища у δ_p відсотках,

Таблиця 2 – Значення надлишкового тиску повітря в лінії пневмосистеми СТЕНДУ

П.п.	Найменування виробу	Діапазон відтворення надлишкового тиску робочого середовища, МПа	Верхня границя діапазону вимірювання манометрів, МПа
1	Рукава з'єднувальні типу Р1, Р2, Р3	1,0–1,1	1,6 МПа, клас 0,6
2	Крани роз'єднувальні 372, 379, 383	0,65–0,95	
3	З'єднання безнарізні: 4370М штуцери, 4371М ніпелі, 4374 штуцери, 4378 ніпелі, 4379М, 4379-01М муфти, 4375М, 4375-01 трійники	0,98–1,02	
4	Затвори та місця з'єднань кранів кінцевих 190, 4314, 4314Б	0,2–1,0	
5	Затвори та місця з'єднань стоп - кранів 163	0,75–0,9	

б) визначаються за формулою:

$$\delta_p = \frac{P_M}{P_B} \cdot K$$

де P_M – верхня границя діапазону вимірювання манометра, МПа;

P_B – покази манометра, МПа;

K – клас точності манометра, у відсотках;

в) тиск стисненого повітря в пневмосистемі стенд універсальний пневматичний для випробування виробів на герметичність, що вимірюється відповідним манометром СТЕНДУ, повинен бути стабільним не менше ніж 10 хв при візуальному спостереженні.

Результати атестації СТЕНДУ оформляють протоколом.

ПОРЯДОК ОБЧИСЛЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЕРМЕТИЧНОСТІ НА СТЕНДІ

**Кулик В.С., Юсупов Д.А., Івченко О.В., Одноралов В.М.,
Криворучко Д.В.**

Сумський державний університет

Для побудови модельного рівняння необхідно ідентифікувати основні (істотні) джерела невизначеності вимірювання величини L_i герметичності. В цьому випадку такими є:

- вплив випадкових причин;
- границі допустимої похибки манометру;
- неточність зчитування показів оператором (роздільна здатність шкали манометра);
- границі допустимої похибки секундоміра;
- неточність зчитування показів оператором (роздільна здатність дисплея електронного секундоміра);
- інші джерела невизначеностей (з досвіду особи, що проводить вимірювання або із НД на повірку/калібрування).

З врахуванням цих джерел модельне рівняння набуде вигляду:

$$L = L_p + \Delta_{\text{манометр похибка}} + \Delta_{\text{манометр шкала}} + \Delta_{\text{секундомір похибка}} + \Delta_{\text{секундомір шкала}},$$

де вхідні величини:

- L_p – результати випробування виробів на герметичність (визначається візуально за якісною шкалою: відповідає / невідповідає), приймаємо $L_p = 0$;
- $\Delta_{\text{похибка манометр}}$ – відхилення значення показів тиску атестованого манометру, обумовлена невизначеністю в момент останнього калібрування або повірки ЗВТ;
- $\Delta_{\text{шкала манометр}}$ – похибка зчитування показів оператором з манометру;
- $\Delta_{\text{похибка секундомір}}$ – відхилення значення показів часу атестованого секундоміру, обумовлена невизначеністю в момент останнього калібрування або повірки ЗВТ;
- $\Delta_{\text{шкала секундомір}}$ – похибка зчитування показів оператором з секундоміру.

Визначення коефіцієнтів впливу. Якщо метод вимірювання передбачає проведення прямих вимірювань, то значення всіх коефіцієнтів впливу дорівнює 1. У разі опосередкованих вимірювань значення коефіцієнтів впливу визначають згідно ЕА-4/02 М:2013 «Вираз невизначеності вимірювання при калібруванні».

Оцінювання коефіцієнтів кореляції. Зазвичай, аналіз джерел невизначеностей дозволяє зробити висновок, що вони є незалежними одне від одного, тому значення коефіцієнтів кореляції дорівнює нулю. У разі наявності кореляції (залежності однієї величини від іншої), розрахунок відповідних коефіцієнтів здійснюється відповідно до ЕА-4/02 М:2013. Бюджет невизначеності наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Бюджет невизначеності

Вхідна величина	Оцінка вхідної величини	Стандартна невизначеність	Розподіл ймовірностей	Коефіцієнт впливу	Внесок в невизначеність
L_p	-	-	-	-	-
$\Delta_{\text{похибка манометр}}$	0	$u_{\text{манометр}}$	Нормальний	$C_{\text{манометр}} = 1$	$C_{\text{манометр}}^{\text{манометр}}$ 0,XXX
$\Delta_{\text{шкала манометр}}$	0	$u_{\text{манометр}}$	Рівномірний	$C_{\text{манометр}} = 1$	$C_{\text{манометр}}^{\text{манометр}}$ 0,XXX
$\Delta_{\text{похибка секундомір}}$	0	$u_{\text{секундомір}}$	Нормальний	$C_{\text{секундомір}} = 1$	$C_{\text{секундомір}}^{\text{секундомір}}$ 0,XXX
$\Delta_{\text{шкала секундомір}}$	0	$u_{\text{секундомір}}$	Рівномірний	$C_{\text{секундомір}} = 1$	$C_{\text{секундомір}}^{\text{секундомір}}$ 0,XXX
L	XX,XX	$u(L)$	$U(L) = k \cdot u(L) \quad p = 0,95 ;$ $k(p) = 1,96$		

Сумарна стандартна невизначеність вимірювання вихідної величини обчислюється за формулою (для корельованих вхідних величин і прямих методів вимірювання):

$$u(L) = \left(\left(u_{\text{манометр}} \cdot C_{\text{манометр}} \right)^2 + \left(u_{\text{секундомір}} \cdot C_{\text{секундомір}} \right)^2 + \left(u_{\text{манометр}} \cdot C_{\text{манометр}} \right)^2 + \left(u_{\text{секундомір}} \cdot C_{\text{секундомір}} \right)^2 \right)^{0,5}$$

Розширену невизначеність для довірчої вірогідності $p = 0,95$ оцінимо за формулою:

$$U(L) = k \cdot u(L).$$

де $k = 1,96$ – коефіцієнт охоплення при $p = 0,95$.

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЯКОСТІ ТА ТОЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ

*Лєцьошкіна Н.В., Денисенко Ю.О.
Сумський державний університет*

Якість продукції залежить від значної кількості взаємопов'язаних та не залежних один від одного чинників, які мають як сталий, так і випадковий характер. Характер зміни точнісних характеристик можливо дослідити із допомогою застосування статистичних методів управління якістю.

Статистичні методи прийнято ділити на три категорії по ступені складності їх реалізації: елементарні статистичні методи (контрольний лист, гістограма, діаграма розкиду, контрольна карта і т. д), проміжні статистичні методи (теорія вибіркового дослідження, статистичне регулювання процесів та різні методи проведення статистичних оцінок та визначення критеріїв) та методи, які розраховані на інженерів та спеціалістів в області управління.

Методи контролю якості продукції та процесів виробництва засновані на застосуванні досягнень теорії ймовірності та математичної статистики. Дані методи дозволяють зробити висновок про якість партії продукції за результатами контролю її малої частини (вибірки) або параметрів технологічного процесу виробництва. Крім того, статистичні методи контролю дозволяють прогнозувати динаміку виробничого процесу, оцінювати його налаштованість, точність, збіжність та відтворюваність.

На практиці відрізняють два види статистичного контролю якості: статистичне регулювання (поточний контроль виробничого процесу методами математичної статистики) та математико-статистичні вибіркові методи.

Задача статистичного управління процесами – забезпечення та підтримка процесів на прийнятному та стабільному рівні, гарантуючи відповідність продукції та послуг встановленим вимогам. Головний статистичний інструмент – графічний спосіб

представлення та зіставлення інформації, яка заснована на послідовності вибірок та відображає поточний стан процесу, з межами, встановленими на основі внутрішньо властивого процесу мінливості.

Аналіз світового досвіду показав, що немає жодних рекомендацій до вибору статистичного методу при дослідженні конкретних точнісних характеристик деталі або конкретного параметру технологічної системи.

Отже у подальших дослідженнях планується розроблення класифікації статистичних методів управління якістю з позиції їх застосування щодо параметрів технологічної системи, а також при дослідженні їх впливу на точнісні та якісні характеристики деталей (шорсткість, допуски форм та розташування та інші).

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЗАДНЬОЇ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ ЗАСОБАМИ SOLID WORKS

Маркуш Р.В., Борушак Л.О.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Відомо, що підвіска автомобілів, як пасажирських, так і вантажних, містить пружні елементи – спіральні пружини або ж листові ресори. Ці елементи у поєднанні з амортизаторами забезпечують стабільність і плавність руху автомобіля по дорожньому покриттю, яке має значні нерівності, вибоїни тощо. Найбільш небезпечними для руху автомобіля в умовах атмосферних опадів (дощу, снігу) або ожеледиці є системна хвилястість дорожнього покриття, так звана „гармошка”. Підчас руху в таких умовах автомобілі часто втрачають керування, що призводить до аварій. Знижує стійкість автомобіля під час їзди також помітний дисбаланс коліс, який виникає внаслідок їхньої деформації чи механічних пошкоджень. В результаті виникають вібрації підвіски, частота яких визначається частотою обертання колеса (швидкістю руху) або ж параметрами хвилястості полотна

(гармошки). Автомобіль в таких умовах практично втрачає керування.

Сучасні прикладні програми комп'ютерного проектування та інженерних досліджень дозволяють успішно створювати твердотільні моделі матеріальних об'єктів і віртуально дослідити їх на стійкість.

Метою нашої роботи було створення твердотільної моделі задньої підвіски автомобіля, в яку входять балка з піввісями, ступиці, колісні диски з колесами та пружні елементи – листові ресори, та дослідити частотні характеристики цієї системи.

Для першої частини ми застосували програму Solid Works і створили модель підвіски за реальними розмірами, задавши характеристики матеріалів, з яких виготовлені її частини.

Наступним кроком було визначення частотних резонансних характеристик підвіски як пружної системи в умовах навантаження певною масою рухомих опор пружних елементів та фіксації одного колеса в додатку Simulation (Solid Works).

Результати розрахунків засвідчили, що основні п'ять частот коливань підвіски знаходяться в межах кількох десятків герц (залежно від завантаження автомобіля).

Елементарні математичні розрахунки, що базуються на таких параметрах, як швидкість руху автомобіля (частота обертання коліс) та розмірна періодичність хвилястого покриття дороги, встановили, що частота впливу хвилястості дорожнього покриття цілком попадає в діапазон резонансних частот коливань підвіски при певних швидкостях руху. Для автомобіля ГАЗ-69 при русі без завантаження на швидкості 50-57 км/год по "гармошці" з періодичністю 2,2-2,7 м виникає реальний ризик втрати колесами контакту з дорожнім покриттям і автомобіль може стати некерованим.

Сподіваємося, що наші результати при належному організаційному і технічному підході дозволять виробити практичні рекомендації для водіїв та сприяти зменшенню числа дорожньо-транспортних пригод.

Література:

1. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. – М.: ДМК Пресс, 2010. -784с.
2. Оsepчугов В.В., Фрумiн А.К. Автомобиль:Ангалiз конструкций, элементы расчета: (Уч. для вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство»). – М.:Машиностроение, 1989. – 304 с.
3. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин [Текст]: учебник / Г.А.Смирнов. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
4. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Конструкции подвесок / Пер. С нам.В.П.Агапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
5. Мартынюк А.А. и др.. Динамика и устойчивость движений колесных транспортных машин. – К., «Техніка», 1981 – 223 с.

РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ РОБОТИЗОВАНОЇ МЕХАНО-СКЛАДАЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Палюх М.А., Лукань Т.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

В межах проведення студентських інноваційних робіт у навчально-дослідницькій лабораторії роботизації кафедри комп'ютеризованого машинобудування ІФНТУНГ запропоновано розробку спеціального стрічкового конвеєра, який призначено для забезпечення процесу вивчення роботизовано механоскладальної дільниці та досліджень на її базі [1]. Конвеєр має портативний характер, тобто передбачено його швидке переналагодження в залежності від поставленої навчальної чи дослідницької задачі.

Керування конвеєром передбачено на основі розробки спеціальної гнучкої керуючої програми із застосуванням програмованих логічних контролерів PLC “Fatek” [2] та змінних,

які є деталями, що виконуються спеціально для досліджуваної теми. У навчальному процесі таким чином передбачається певна інновація: для кожної поставленої задачі стрічковий конвеєр переналагоджується як програмно, так і механічно, тобто його підлаштовують за рахунок іншої групи спеціально виконаних із модельних матеріалів деталей, що мають обслуговуватися на дільниці.

Отже, стрічковий конвеєр слугує як навчальний засіб для ряду дисциплін, що пов'язані із автоматизацією, роботизацією і програмуванням, а також за допомогою його портативності та можливості ефективно переналагоджуваності студенти у навчальному процесі практично ознайомлюватимуться із гнучкими виробничими технологіями.

Прикладом такої інновації є застосування в парі із конвеєром інших засобів автоматизації, таких як: транспортний робот-візок [3] та транспортна рухома платформа [4]. Усі вказані засоби розроблено і втілено авторами–студентами наживо і представляють собою їхній комплексний програмний твір на основі вивчення дисциплін, пов'язаних із мікропроцесорним керуванням [1] та засобів автоматизації, а також із застосуванням наукових здобутків викладачів КМВ, наприклад, з основ автоматизації [5].

Література:

1. Онисько О.Р., Панчук В.Г., Лукань Т. В. Мікропроцесорне керування мехатронних систем: навчальний посібник. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2019. —302 с.

2. Панчук В.Г., Онисько О.Р., Лукань Т.В. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні. Програмування ПЛК FATEK у середовищі WinProLadder. Лабораторний практикум. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2015.- 35 с

3. Лукань Т.В. Винничук Б.Б., Сидор Н.І. Шасі-автомат на основі програмованого контролера. Матеріали. ХІХ Міжнар.Молод.Наук. техн.конф. Машинобудування - очима молодих: - прогресивні ідеї - наука - виробництво. Суми 25-26 лист. Суми. 20202020.с. 25-26.

4. Лукань Т.В. Мельник О.Б. Атоматизована рухома платформа для навчального робототехнічного класу. IX Міжнародна науково-практична інтернет конференція Сучасний рух науки: тези доп. XI міжн. Наук.-практ. Конф. 8-9 жовт. Дніпро 2020, Т 1 2020. С. 401-402.

5. Onysko O.,Lukan T., Pituley L., Shuliar I.,Havryliv. Y. Basics of automation of profiling of high-efficient inserts of the tool for thread machining. STED Journal ISSN 2637-2614 2(2). November 2020, P. 22–28.

КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА НАДЛЕГКОГО ЦИКЛОЇДАЛЬНОГО РЕДУКТОРА

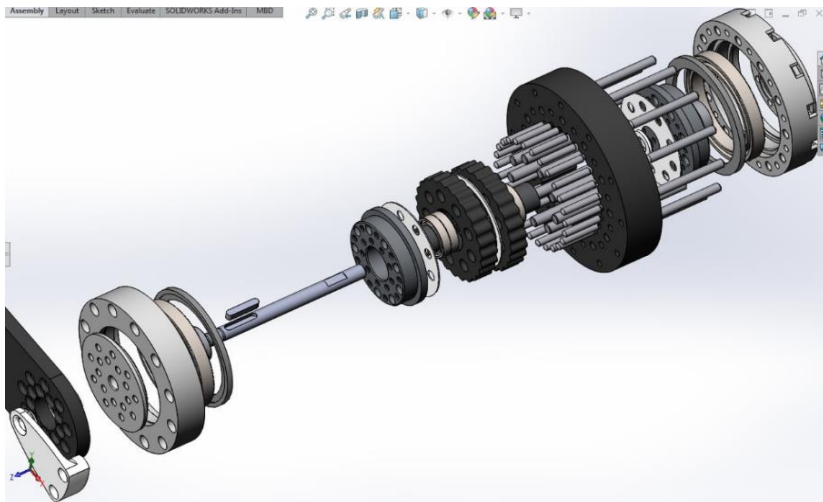
Пендерецький М.В., Онисько О.Р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Проектування та реалізація крокуючого міні-робота, що може бути основою іграшки- імітатора домашньої тварини (кота чи невеликого собаки) значною мірою залежить від технічних параметрів рушіїв для лап. Найважливішими серед цих параметрів є їх невелика маса і разом із тим значний крутний момент. За рушій можна вибрати наприклад надлегкий безрамний двигун R150KV100 [1]. Маса такого рушія не враховуючи кріплення, підшипників та плати керування становить 393 грами. Проте для забезпечення плавного і «впевненого» переміщення іграшки потрібна нова розробка редуктора, який може забезпечити високе передаточне число та значний крутний момент у шарнірах лап. При цьому редуктор для забезпечення низької маси і експлуатаційної надійності повинен складатися із достатніх за міцністю та одночасно легких складових частин.

До сталевих деталей (ст. 45) розроблюваного циклоїдального редуктора відносяться вал (номінальний діаметр 4,5 мм) і шпонка з перерізом 2x2 (мм), а також ролики (ШХ15) [2]. Усі інші деталі окрім з'єднувальних метизів

запроектовано виготовляти в основному із полімерних матеріалів (найлон 6 і найлон 7) та дюралюмінію. У редукторі передбачено 36 оригінальних деталей та 23 стандартних (метизи, ролики, підшипники і шпонка) (рис.1).



Рисунків 1 – Комплектація деталей надлегкого циклоїдального редуктора

Таким чином проект передбачає наступні габаритні параметри циклоїдального редуктора: діаметр – 54 мм, довжина – 29 мм. Маса виробу імовірно становитиме 140-150 гр.

Література:

1. <http://www.tore.tmotor.com/goods.php?id=856>
2. ГОСТ 6870-81. Подшипники качения. Ролики игольчатые. Технические условия.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК

*Петренко Д.І., Кметь І.А., Шаповалов М.В., Ковальов В.Д.
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*

Головною особливістю механічної обробки деталей на важких токарних верстатах з ЧПК є, насамперед, можливість обробки заготовок великих габаритів (діаметром 800-6500 мм, та довжиною 4000-32000 мм), і великої ваги (16-250 т.). Як приклад, важкі токарні верстати виробництва ПрАТ «КЗВВ» м. Краматорськ, наступних моделей: 1К665Ф3х8000, 1К670Ф3, 1К649Ф3, 1К650Ф3, 1К675Ф3, КЖ16274Ф3, КЖ16275Ф3, КЖ16165Ф2.

Не дивлячись на ці два фактори, неухильним є додержання вимог точності розмірів, вимог точності взаємного розташування поверхонь, дотримання необхідної шорсткості оброблюваних поверхонь. А також стійкості конструкції верстата, при обробці на високопродуктивних режимах обробки, до утворення шкідливих вібрацій та надмірних пружних деформацій вузлів робочих органів, які можуть призвести до руйнування різального інструменту або поломки верстату.

При цьому конструкція верстата повинна забезпечувати ці вимоги при коливанні показників твердості та непостійному припуску в оброблюваному шарі деталі.

Відмінна риса обробки великогабаритних деталей типу тіл обертання на важких токарних верстатах полягає в порівняно низькій частоті обертання оброблюваної деталі, для досягнення оптимальної швидкості різання на потрібному діаметрі (від 0,8 об/хв до 450 об/хв, у верстатів ПрАТ «КЗВВ» в залежності від моделі). А існуючі типові конструкції важких токарних верстатів мають достатню жорсткість, економічно-обґрунтовану металоємність та продуктивність.

Аналіз методів обробки на важких токарних верстатах з ЧПК, головною метою якого, є вивчення можливостей підвищення продуктивності важких токарних верстатів з ЧПК, без внесення

суттєвих змін в існуючі конструкції верстатів, полягає в наступному:

- Аналіз конструкції верстата, та визначення його можливої продуктивності, при допустимих методах обробки;
- Аналіз систем ЧПК, та їх технологічних можливостей;
- Аналіз здатності інтеграції у конструкцію верстата та систему ЧПК, системи адаптивного оптимального управління процесом різання, без внесення суттєвих змін в конструкцію та компоновку верстата;
- Аналіз технологічних можливостей верстата з системою адаптивного оптимального управління, та методів обробки.

Це дасть можливість визначити ступінь підвищення ефективності важких токарних верстатів, підвищення продуктивності та точності обробки, визначити методи адаптивного оптимального управління.

Література:

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : справочникучебник в 3-х т. Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников, О. И. Аверьянов, Ю. С. Аполлонов и др.; под общ. ред. А. С. Проникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана : Машиностроение, 1994. – 444 с.

ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МАШИН, ЗАДІЯНИХ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ЦИКЛІ ЗРОШЕННЯ

Пирогов В.О.

Сумський національний аграрний університет

Стабілізація економіки кожної окремо взятої країни та її подальший розвиток значною мірою визначається успішним розвитком сільськогосподарського виробництва, а збільшення виробництва продукції можливе лише за широкої комплексної механізації та автоматизації трудомістких процесів, у тому числі в зрошуваному землеробстві [1].

В прийнятій «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» для всіх способів зрошення при модернізації внутрішньогосподарських зрошувальних систем (працюючих, пошкоджених і тих що будуються) потрібно проводити заміну обладнання и придбання сучасного нового.

Аналіз обладнання внутрішньо - та міжгосподарських систем зрошувального землеробства, задіяного в поверхневому поливі, дощуванні, краплинному та внутрішньогрунтовому зрошенні, показав, що основним робочим органом, який визначає час його роботи, є відцентровий насос.

Незважаючи на високі експлуатаційні властивості і довговічність відцентрових насосів слід відмітити, що вони, як правило працюють в важких умовах оточуючих середовищ (вологість, пар, наявність у повітрі слідів кислоти або луги і таке інше), що значно збільшує зношування їх поверхонь. Незворотнім процесом такої експлуатації є основною причиною зносу деталей, зміни їх геометричних розмірів та стану. Після проходження періоду припрацювання поверхонь деталей, тривалого часу встановленого зношування, настає період катастрофічного зношування - різке погіршення експлуатаційних якостей окремих деталей, механізмів та агрегату загалом. Інтенсивність процесу зношування залежить в більшому ступені від умов роботи насосу та матеріалу деталей. Слід відмітити, що знос деталей насосного обладнання не зупиняється під час коли насос не працює. Також крім фізичного зносу відцентрових насосів існує, так званий, моральний (економічний) знос.

До деталей та їх елементів, від ступеню зносу поверхонь яких залежить подальша експлуатація насосу, слід віднести підшипникові та посадкові шийки валу, поверхні опорних і упорних підшипників ковзання, посадкові місця кулькових та роликкових підшипників, робочих коліс, захисних втулок, поверхонь ущільнень, корпусів та ін. До основних видів зносу слід віднести: абразивний, корозійно-механічний, втомлювальний, кавітаційний та фретинговий.

Таким чином, аналіз літературних джерел показав, що основними причинами, що впливають на зниження надійності і

довговічності деталей насосів, що працюють у різноманітних умовах експлуатації, є різні види зношування і пошкодження їхніх робочих поверхонь, а також втомне руйнування.

В [2] проведено аналіз впливу науково-технічного прогресу (НТП) на ремонтні технології, які використовують при виконанні поточного та капітального ремонтів сільськогосподарської техніки. Відмічається, що в ремонтних технологіях, як правило, використовують екологічно небезпечні методи наплавлення та зварювання.

В [3] дослідження впливу зварювальних робіт на зміни у складі повітря показали, що у зоні проведення електрозварювання при напавленні на сталь 12X18H10T зносостійкого покриття електродом марки ОК61.30 \varnothing 2,5 мм з'являється значно більша кількість вуглекислого газу CO₂ і утворюються нестабільні іони NO, тобто виникають гази, які є отруйними навіть у малих концентраціях. Слідів озону O₃ за допомогою мас-спектрометра не виявлено. Під час дослідження хімічного складу газового середовища в зоні проведення робіт при електроіскровому легуванні (ЕІЛ) сталі 12X18H10T на установці «Елітрон-52А» електродом-інструментом із твердого сплаву Т15К6 встановлено, що мас-спектр газового середовища практично ідентичний мас-спектру чистого повітря. Дослідження освітленості при ЕІЛ сталі 12X18H10T електродом із твердого сплаву Т15К6 та проведення зварювальних робіт при наплавлення на сталь 12X18H10T зносостійкого покриття електродом марки, що плавиться ОК61.30 \varnothing 2,5 мм показали її збільшення відповідно з 0,465 до 0,599 Lux та з 0,316 Lux до 6,2 kLu.

НТП в ремонтних технологіях значно розширив номенклатуру методів виконання ремонтних робіт новими короткотривалими, екологічно безпечними, енергозберігаючими і маловитратними технологіями, такими як електроіскрове легування (ЕІЛ), нанесення металополімерних матеріалів (МПМ) та поверхневе пластичне деформування (ППД). Крім цього впровадження та використання цих технологій дозволить перерозподілити об'єми ремонтних робіт, шляхом перенесення

значної їх кількості з ремонтних баз на підприємства АПК і, таким чином, знизити вантажопотік сільськогосподарської техніки.

Література:

1. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини / За ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища школа, 2004. - 544 с.
2. Тарельник, В., Соларьов, О., Тарельник, Н. і Волошко, Т. (2021) «Зниження інтенсивності автомобільних перевезень в системі технічного обслуговування й ремонту машин агропромислового комплексу», *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*, (3(21)), с. 21-31. doi: 10.37700/enm.2021.3(21).21-31.
3. Тарельник В.Б., Гапонова О.П., Лобода В.Б., Коноплянченко Е.В., Марцинковский В.С., Семирненко Ю.И., Тарельник Н.В., Микулина М.А., Саржанов Б.А. Повышение экологической безопасности формирования износостойких покрытий на поверхностях деталей типа тел вращения из стали 12X18H10T с применением комбинированной технологии на основе электроискрового легирования. Электронная обработка материалов, 2020. Том 56 (5). С. 115-127.

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІНІКО- ДІАГНОСТИЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ТОВ «СУМСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР СЛУЖБИ КРОВІ»

Прокопенко А.Г., Денисенко Ю.О.
Сумський державний університет

Комерційний облік енергоресурсів завжди ведеться засобами вимірювальної техніки з визначеними нормованими метрологічними характеристиками. Безперебійність роботи таких приладів забезпечить найбільшу довіру до достовірності при розрахунках. Для забезпечення можливості проведення метрологічної перевірки, повірки або калібрування турбінних

витратомірів рідини (нафти) в діапазоні від 11 до 550 м³/год на місці їх експлуатації забезпечує установка трубопоршнева типу ТПУ 550-64-40 виробництва «Енергоінвест. Вимірювальні системи». За її допомоги процес відпуску нафти на вузлі обліку стає стабільним, без значних зупинок.

Законодавство України в сфері метрологічної діяльності зазнало змін за останні роки. Згідно Постанови КМУ від 04.06.2015 р. № 374 установка трубопоршнева не потрапила до Переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці, таким чином вона відноситься до еталонів. Згідно Порядком проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів (Наказ Мінекономіки від 08.02.2016 р. № 193) еталони, які застосовуються під час проведення повірки, мають бути калібровані з дотриманням міжкалібрувальних інтервалів і повинні відповідати вимогам ДСТУ ОІМЛ D 23.

Таким чином, метою роботи є забезпечення достовірності та підвищення точності вимірювань шляхом розроблення Методики калібрування установки трубопоршневої типу ТПУ 550-64-40.

Одним із етапів розроблення Методики є визначення модельного рівняння, що визначає основні джерела невизначеності вимірювання об'єму рідини установкою. До джерел невизначеності відносяться складові, що обумовлені: розширеною невизначеністю еталону; дрейфом метрологічних характеристик еталону; похибкою зчитування показів установки та еталону оператором; впливом випадкових факторів; перетоками рідини крізь ущільнення сфери.

Отже розроблення Методики калібрування установки трубопоршневої є важливим етапом у забезпеченні точності вимірювань. Методика калібрування повинна враховувати зазначені джерела невизначеності, а також відповідати вимогам Європейської асоціації з акредитації EA-4/02 M:2013 «Вираз невизначеності вимірювання при калібруванні». Результатами калібрування за розробленою Методикою є протокол із зазначенням дійсних показів приладу, за якими можна обчислити

відхилення від дійсних значень вимірюваних величин і тим самим значно підвищити точність вимірювань.

РОЗРАХУНОК ЧИСЛА ПОЛЮСІВ СТАТОРНОЇ ОБМОТКИ

Рясна О.В.

Сумський національний аграрний університет

Число пар полюсів для двошарової обмотки при відомому шагу: $2p \approx (0,8/1) \frac{Z_1}{y}$,

де Z_1 - число пазів статора; y - шаг обмотки статора [2].

При отриманні за формулою значення більше двох, але менше чотирьох варто прийняти: $2p = 2$. Наприклад, при $Z_1 = 36$ і $y = 10$.

$$2p \approx (0,8/1) \frac{36}{10} = 2,9/3,6 \approx 2$$

Таблиця 1 – Число полюсів в залежності від відношення D_a / D_i

Число полюсів $2p$	D_a / D_i	Число полюсів $2p$	D_a / D_i
2	1,70 - 1,90	6	1,40 - 1,50
4	1,55 - 1,65	8,10	1,30 - 1,40

У серійних машинах при одних і тих же діаметрах можуть бути різні числа полюсів, наприклад 4, 6, 6 і 8, 8 і 10.

Число пазів, які внесені в округлі дужки, мають гірші пускові характеристики. Число пазів, які внесені в квадратні дужки, не варто застосовувати для машин, які працюють в режимі гальма.

Число полюсів для одношарової або двошарової обмотки при відомому числі q , де q – число пазів на полюс і фазу. В одношарових концентричних шаблонних обмотках, де котушки розташовані одна всередині другої, число q можна легко побачити по лобовій частині. В таких типах обмоток добре виділяються групи або підгрупи [1].

Наприклад при $Z = 48$ і $2p = 4$ (обмотка врозвалку) напівгрупа займає пази 1, 2 і 11, 12. Група (напівгрупа) охоплює дві фази, тобто число пазів $2p$. Якщо неможливо по обмотці, що залишилась, знайти q і y , то число полюсів можна попередньо знайти по відношенню зовнішнього діаметру D_a статора до його внутрішнього діаметра D_i , а потім перевірити по величині індукції в спинці статора і в зубцях. Правильність вибору числа полюсів в сумнівних випадках потрібно перевірити по відношенню чисел ротора і статора.

Література:

1. Кузнецов Б. В. Выбор электродвигателей к производственным механизмам. Мн. Беларусь, 1984 г. – 3004 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.

МЕТОД ПЕРЕРАХУНКУ ОБМОТКИ СТАТОРА НА ІНШУ НАПРУГУ

Рясна О.В.

Сумський національний аграрний університет

Число ефективних провідників в пазу

$$N_{нов.} = N_{ст.} \cdot \frac{U_{нов.}}{U_{ст.}} \cdot \frac{a_{нов.}}{a_{ст.}},$$

де: $U_{ст.}$ та $U_{нов.}$ – фазні напруги, В;

$a_{ст.}$ та $a_{нов.}$ – числа паралельних гілок.

Якщо число провідників в пазу велике (не менше 25), отримане значення $N_{нов.}$ можна заокруглити до цілого числа, так як при цьому похибка буде невелика (не перевищить 2,5%). При меншому числі дробове значення можна перетворити в ціле (або близьке до нього) шляхом змінення числа паралельних гілок нової обмотки. В двошаровій обмотці при непарному числі провідників пазу необхідно виготовити різновиткові котушки [2].

Якщо $a_{нов.} = a_{ст.}$, нове число ефективних провідників в пазу можна знайти по рис.1.

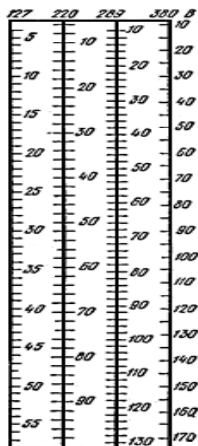


Рис.1 - Діаграма для визначень числа ефективних провідників

в пазу при $a_{нов.} = a_{ст.}$

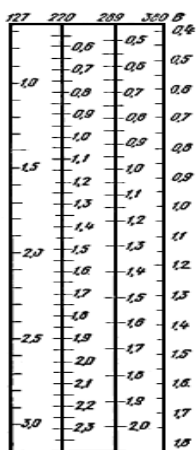


Рис.2 - Діаграма для визначення діаметра провада безізоляції при

$a_{нов.} \cdot N_{нов.} = a_{ст.} \cdot N_{ел.ст.}$

Наприклад, при фазній напрузі 220 В число провідників рівне 25. На вертикалі 220 В знаходимо точку 25, проводимо від неї вправо і вліво горизонтальну лінію і знаходимо число

провідників при інших напругах: 14,5 при 127 В, 33 при 289 В, 43 при 380 В.

Діаметр провода без ізоляції при $a_{нов.} \cdot n_{ел.ст.}$ знаходимо по рис. 2. Наприклад, при $U_{ст.} = 380$ В діаметр провода $d = 1,25$ мм. Проводячи від знайденої точки 1,25 мм на вертикалі 380 В горизонтальну лінію, знаходимо діаметри при інших стандартних напругах: 2,16 мм при 127 В; 1,65 мм при 220 В, 1,43 мм при 289 В. Отримані результати округляємо до найближчих стандартних значень діаметрів [2].

При $a_{нов.} \cdot n_{ел.нов.} \neq a_{ст.} \cdot n_{ел.ст.}$ отриманий по рис. 2 діаметр (до округлення) помножити на коефіцієнт k_d (табличні дані з довідника). Наприклад по рис. 2 знайдений діаметр $d = 2,16$ мм. В старій обмотці множник $a_{ст.} \cdot n_{ел.ст.} = 2 \times 2 = 4$, а в новій обмотці вибране $a_{нов.} \cdot n_{ел.нов.} = 5 \times 2 = 10$.

На перетині графі 4 і строчки 10 знаходимо $k_d = 0,63$. Новий діаметр буде рівний $d' = 2,16 \times 0,63 = 1,36$ мм.

Перевірка розміщення в пазу нової обмотки

$$n_{нов.} \cdot D_{нов.}^2 \leq n_{ст.} \cdot D_{ст.}^2$$

Якщо діаметр провода отримаємо непередбачений, то потрібно змінити число паралельних провідників $n_{ел. 83ов.}$ або число паралельних гілок $a_{нов.}$, або одне і друге разом.

При зміні числа паралельних гілок число ефективних провідників повинно бути відповідно змінено.

Остаточо $d_{нов.}$ уточнюється після перевірки заповнення паза.

Потужність двигуна (кВт) після перемотки [1].

$$P \approx P_{83ов.} \frac{P_{83ов.}}{P_{83ов.}}$$

Якщо індукція при перерахунку зменшилась, тоді потужність отримана по формулі повинна бути зменшена пропорційно зменшенню величини індукції.

Література:

1. Бабакин В.И. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. В 2-х ч. Уфа: Издательство: УГНТУ 2007- 346 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.

ПЕРЕРАХУНОК ОБМОТКИ СТАТОРА ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Рясна О.В.

Сумський національний аграрний університет

Для зміни частоти обертання двигуна необхідно змінити число полюсів обмотки статора $p_{ст.}$ на $p_{нов.}$ і крок обмотки. При фазному роторі потрібно відповідно змінити число полюсів і в його обмотці, короткозамкнені ротори залишаються без змін. Але буває, що двигун з короткозамкненим ротором, перемотаний на нове число полюсів, працює погано; застряє під час пуску, видає ненормальний гул при роботі і т.п.

Це може відбуватися при несприятливих співпадіннях пазів статора і ротора. Звідси перед перемоткою потрібно перевірити можливість переробки двигуна на нове число полюсів. При перемотці на більшу швидкість обертання збільшується крок обмотки і виліт лобових частин (проміжок між збільшеними лобовими частинами та підшипниковими щитами). Його величина при напрузі до 660 В повинна бути не менше 8-10 мм. В двошарових обмотках для зменшення вильоту можна застосовувати скорочений крок. Зменшення вильоту обмотки спонукає також застосування проводів з більш тонкою ізоляцією. В крайньому випадку приходиться зменшувати діаметр провода, але при цьому знижується потужність двигуна.

При переході на більшу швидкість обертання потрібно також перевірити колову швидкість ротора (м/с).

$$U_p = \frac{3,14 * D_p * h}{60 * 1000}$$

де: D_p - зовнішній діаметр ротора, мм;

h - частота обертання електродвигуна, об/хв.

Для короткозамкнутого ротора колова швидкість не повинна перевищувати 40-60 м/с. Збільшення частоти обертання приводить до перегріву підшипників. Їх температуру необхідно контролювати при обмотці двигуна. Крок обмотки як правило, знаходять враховуючи його вид. При $D_a > 200 - 250$ мм в більшості випадків застосовується двошарова обмотка, тоді $U_{нов.} = 12$. Число пазів на полюс і фазу, якщо $Z_1=36$.

Полюсне ділення: $\tau = \frac{3,14 \cdot D_i}{2_p} = \frac{3,14 \cdot 18}{2_p} = 28,3$ см.

Площа полюсного ділення: $Q_{\delta=\tau_1} = 28,3 \text{ см} \cdot 12 = 340 \text{ см}^2$.

Число послідовно з'єднаних витків пази: $w_{нов.} = \frac{N_{нов.} \cdot Z_1}{6 \cdot Q_{нов.}} = \frac{22 \cdot 36}{6 \cdot 2} = 66$ вит.

Література:

1. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.

2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — М.: Госзаергоиздат, 1975. — 568 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИКЛОЇДНИХ ПЕРЕДАЧ У МЕХАНІЗМАХ РЕГУЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

*Тверезовський І.С., Дегтярьов І.М.
Сумський Державний університет*

Циклоїдна (планетарно-цівкова) передача має ряд видатних переваг, які дозволяють їй перевершувати традиційну редукторну передачу з зубчастим зачепленням. Головний секрет циклоїдної передачі – відсутність напруги вигину, адже на всі елементи передачі діють тільки сили стиснення, а також відсутність тертя ковзання – контакт діє тільки за рахунок тертя кочення. Завдяки великій кількості точок контакту в будь-який момент часу, на відміну від зубчастої передачі, де навантаження припадає на окремі зуби шестерні, циклоїдні редуктори здатні витримувати високі ударні навантаження в приводі – до 500% від номінального крутного моменту. Циклоїдні редуктори ось уже понад 70 років підтверджують свою відмінну репутацію високонадійного та маючого великий ресурс виду передачі з високим ККД [1].

Вже понад 20 років в машинобудуванні активно впроваджуються промислові роботи. Раніше роботи були прерогативою лише великосерійного та масового виробництва, але економічна ефективність є важливим показником для будь-якої форми організації виробництва, тому навіть невеликі підприємства активно впроваджують засоби автоматизації.

Впровадження промислових роботів в сучасному машинобудівному виробництві дозволяє здійснити повну комплексну автоматизацію, підвищити ефективність використання трудових ресурсів, забезпечити послідовне скорочення застосування та навіть виключення ручного, важкого і некваліфікованої праці [2].

Невід’ємною частиною будь-якого автоматизованого виробництва є сучасні автоматизовані верстатні пристрої (ВП). Автоматизація ВП передбачає сучасні ефективні та надійні

системи регулювання установлювальних та затискних елементів. При цьому керування даними системами здійснює комп'ютер на верстаті, тобто його система ЧПК або навіть цілий сервер, що виконує керування роботою усього обладнання у цеху.

Під час механічного оброблення особливу увагу варто приділяти надійному закріпленню деталей у ВП. Для автоматизованих ВП це означає застосування більш потужних крокових двигунів, що збільшують габарити конструкції.

Враховуючи вищесказане, а також компактність циклоїдних редукторів та їх високе передатне відношення актуальним є застосування передач даного типу у комбінації з кроковими двигунами малої потужності, габаритів та маси. Також через специфіку роботи контактних поверхонь циклоїдні передачі є суттєво довговічнішими за всі класичні існуючі.

Застосування циклоїдних передач позитивно вплине на розвиток галузі проектування ВП, а також розширить область їх застосування.

Наступним кроком буде розрахунок сил закріплення та параметрів циклоїдної передачі для закріплення деталі у ВП, що запропонована для виконання дипломної роботи.

Література:

1. Мотор-редуктори Sumitomo [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.irbis.ua/production/motor-reduktory-optom/sumitomo>.

2. Застосування промислових роботів [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://stud.com.ua/36425/tovaroznavstvo/zastosuvannya_promislovi_h_robotiv.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ БАБІТОВОГО ПОКРИТТЯ НА ЕТАПІ РЕМОНТУ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ РОТОРНИХ МАШИН

***Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Пирогов В.О.,
Чжан Чженчуань***
Сумський національний аграрний університет

Темі застосування нових та модернізованих вузлів підшипників ковзання (ПК), розвантажувальних пристроїв, торцевих та лабіринтних ущільнень, сполучних муфт, що відповідають сучасному рівню розвитку та забезпечують високу надійність експлуатації обладнання у перехідних (пуск, зупинка) та на всіх технологічних режимах, присвячено велику кількість робіт. Збільшені швидкості, використання гнучких роторів, консольні та аеродинамічні навантаження, автоколивання та інші фактори ускладнили завдання регулювання параметрів системи «ротор – підшипник». Щоб мінімізувати нестійкість і віброактивність цієї системи, розробляються різні конструкції ПК. При цьому проблеми підвищення якості ПК вирішуються як технологічними, так і конструктивними способами.

Для роторних машин з багаторазовими пусками та зупинами актуальним є завдання забезпечення не тільки підвищеної надійності ПК, але й якості їх ремонту.

За статистикою, до 32% відмов турбокомпресорних агрегатів, що експлуатуються в газовій промисловості, відбуваються через порушення роботи бабітових ПК, найчастіше це пов'язано з руйнуванням та зношуванням антифрикційного шару вкладишів підшипників, що призводить до динамічної нестійкості роботи обладнання. Вихід з ладу ПК за нормальних умов експлуатації є наслідком різних видів зношування: кавітація, абразивне зношування, зношування внаслідок пластичної деформації, втомне зношування.

У зв'язку з цим проблема підвищення робочих характеристик та ресурсу роботи бабітових ПК, не тільки при виготовленні, а й при ремонті є важливою та актуальною.

В роботі розглянуто причини зниження довговічності підшипників ковзання та фактори, що формуються як на етапі їх виготовлення, так і в процесі експлуатації. З урахуванням видів руйнування покриттів підшипників ковзання (відшарування, руйнування окремих ділянок, поломка) показано необхідність розробки технологічних рекомендацій щодо їх ремонту. Наведено аналіз існуючих технологічних прийомів відновлення зношених поверхонь деталей. Подано методика застосування методу електроіскрового легування для ремонту вкладишів підшипників. Описано технології нанесення комбінованих електроіскрових покриттів підвищення міцності зчеплення підкладки з антифрикційним бабітовим шаром. Виявлено кореляційні залежності якісних характеристик бабітових покриттів, відновлених методом електроіскрового легування, від технологічних параметрів процесу. Це дозволяє суттєво реалізувати методику контролю якості поверхневого шару під час виготовлення та ремонту виробів з бабітовими покриттями. Розроблено методику визначення констант рівняння масообміну та прогнозування шорсткості. Запропоновано математичні моделі для уточнення параметрів якості шарів, що утворюються під час відновлення бабітового покриття на основі енергетичних параметрів установки електроіскрового легування.

Нова технологія відновлення бабітових покриттів може бути використана для плаваючих кілець ущільнювальних вузлів компресорного обладнання, упорних та опорних підшипників ковзання, опорних пальців зубчастих коліс планетарних мультиплікаторів та ін.

НОВИЙ СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Тарельник Н.В.

Сумський національний аграрний університет

В порівнянні з ненадійним положенням в традиційній енергетиці через дефіцит органічного палива, фізичного й морального старіння встаткування ТЕС, через шкідливий їхній вплив на навколишнє середовище, ядерна енергетика працює досить стабільно й при дотриманні всіх мір безпеки є самим екологічно чистим джерелом енергії. Сьогодні в Україні працюють чотири АЕС, на яких діють 15 енергоблоків типу ВВЭР (водо-водяний енергетичний реактор) загальною потужністю 13880 Мвт. Аналіз енергетичних потреб країни й можливостей їх задоволення свідчать про доцільність і необхідність розвитку в Україні атомної енергетики. Вибір саме такого шляху відповідає й світовій тенденції.

Електроенергетика є одним з основних споживачів насосного обладнання (НО). На будь-якій електростанції експлуатується велика кількість найрізноманітніших насосів.

У порівнянні з енергетичними установками на органічному паливі умови роботи матеріалів в атомних енергетичних установках звичайно є більше складними й багатofакторними. Більшість відповідальних деталей насосних агрегатів АЕС працюють при високих швидкостях, тисках, температурах, а також в умовах абразивного, корозійного, водневого й іншого видів впливу робочих середовищ. Крім цього, ядерний реактор, який представляє найважливішу частину АЕС, вносе свої корективи в вибір конструктивних матеріалів деталей НО. Використовувані матеріали повинні бути радіаційно-стійкими, добре поглинати нейтрони, а також бути жаростійкими й жароміцними.

Найважливішими задачами ремонтно-обслуговуючого виробництва АЕС є підтримка працездатності та відновлення

ресурсу машин і устаткування, забезпечення їх високої надійності і можливості ефективного використання. Для вирішення цих задач передбачається поліпшення якості ремонту за рахунок впровадження сучасних методів його організації та використання раціональних технологічних процесів зміцнення і відновлення деталей. Таким чином, під час відновлення відповідальних деталей НО (корпусів насосів, шийок валів, робочих коліс і ін..) для АЕС виникають значні труднощі і подолання яких є актуальним та своєчасним.

Нами запропонований новий спосіб [1] відновлення зношених поверхонь сталених деталей насосного обладнання, що використовують на атомних електростанціях і яке підлягає радіаційному опромінюванню. Спосіб належить до галузі електрофізичної та електрохімічної обробки, зокрема до електроіскрового легування (ЕІЛ), і може бути застосованим для ремонту деталей машин атомних електростанцій. Спосіб ЕІЛ має ряд специфічних особливостей: матеріал анода (легувальний матеріал) може утворювати на поверхні катода (легованій поверхні) шар покриття, надзвичайно міцно зчеплений з поверхнею; легування можна здійснювати у строго зазначених місцях (радіусом від часток міліметра і більше), не захищаючи при цьому решту поверхні деталі; технологія ЕІЛ металевих поверхонь дуже проста, а необхідна апаратура компактна і транспортабельна. Спосіб включає нанесення покриття на зношену поверхню деталі методом ЕІЛ одним і тим же металевим електродом – інструментом з матеріалу (сталь 12Х18Н10Т або нікель), який не містить спеціальних добавок кобальту та інших елементів, які утворюють довго живучі ізотопи в активному робочому середовищі. ЕІЛ здійснюють у два етапи. При цьому перед першим етапом нанесення покриття металевим електродом-інструментом на зношену сталеву поверхню методом ЕІЛ наносять шар покриття графітовим електродом - інструментом з енергією розряду $W_p = 0,02$ Дж і продуктивністю $0,3 \text{ см}^2 / \text{хв.}$, далі виконують перший етап нанесення шару покриття на отриману поверхню методом ЕІЛ металевим електродом – інструментом при енергії розряду $0,20-0,55$ Дж і

продуктивності 1,6-2,5 см²/хв, яке забезпечує товщину поверхні 0,09-0,16 мм та її суцільність 100 %, після чого отриману поверхню піддають другому етапу нанесення шару покриття методом ЕІІ тим же металевим електродом – інструментом з енергією розряду 0,55-0,90 Дж і продуктивністю 2,5-3,4 см²/хв.

Література:

1. Пат. 150213 Україна, МПК В23Р 6/00, В23Н 1/00, С23С 28/00. Спосіб відновлення зношених поверхонь сталевих деталей обладнання, яке підлягає радіаційному опромінюванню / Тарельник Н. В. ; заявник та власник: Тарельник Наталія В'ячеславівна. – № u202105262 ; заявл. 17.09.2021 ; опубл. 12.01.2022, Бюл. № 2/2022.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЛИБОКОРОЗТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

*Хованець О.В., Коваленко А.В., Васильченко Я.В., Ковальов В.Д.
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*

Проблемі обробки глибоких отворів приділяється велика увага, адже не завжди можна домогтися отримання необхідних параметрів точності та якості поверхонь. Незважаючи на те, що тема активно опрацьовується, проводяться теоретичні та експериментальні дослідження методів обробки глибоких отворів, розроблено методики обробки таких поверхонь, тема не є остаточно закритою та потребує подальшого вивчення.

Слід зазначити, що сучасний розвиток важкого машинобудування характеризується використанням нових матеріалів підвищеної міцності та твердості, збільшенням швидкостей в процесі різання (високошвидкісне різання), збільшенням навантажень на конструкції верстатів та інструмент, робочих температур та застосування нових видів мастильно-охолоджувальних матеріалів, підвищили вимоги до обладнання та оснащення для виготовлення глибоких отворів.

Тому для більш раціонального використання можливостей сучасних глибокорозточувальних верстатів слід шукати шляхи підвищення їх ефективності.

Одним з напрямків підвищення ефективності глибокорозточувальних верстатів є введення систем адаптивного керування процесом різання. Розробка адаптивної системи керування процесу обробки деталей на глибокорозточувальних верстатах, а саме керування параметрами технологічної системи, які визначають якість обробленої поверхні та загальну точність обробки, дозволяє підвищити точність та якість оброблюваних поверхонь, підвищити надійності процесу обробки.

В ході впровадження систем адаптивного керування необхідно визначити вплив різних параметрів технологічної системи на точність та якість обробки, обрати оптимальний керований параметр технологічної системи, розробити структурну схему системи адаптивного керування.

Література:

1. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання . металорізальних верстатів: Підручник/ За ред. Сіліна Р.І. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. – 448 с.

2. Ковалев, В. Д., Мельник М.С., Березовская И.К. Реализация законов управления режимами обработки на тяжелом токарном станке посредством PLC модулей / В. Д. Ковалев, М. С. Мельник, И. К. Березовская // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. № 35, 2014. – С. 73–81.

ПІДВИЩЕННЯ ВІБРАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТУРБОНАСОСНОГО АГРЕГАТА РІДИННОГО РАКЕТНОГО ДВИГУНА

Хоменко В.А., Павленко І.В.
Сумський державний університет

Однією з причин погіршення вібраційної надійності турбонасосних агрегатів (ТНА) рідинних ракетних двигунів (РРД) є посилення вібрацій через входження в резонанс. При цьому, радіальна жорсткість підшипникових опор безпосередньо впливає на власні частоти валопровода системи «турбонасос окислювача – паливний насос». Водночас корпуси підшипників мають власну податливість. Крім того, на жорсткість підшипника впливає частота обертання ротора, попереднє осьове навантаження і зазори у підшипникових опорах.

Метою роботи є підвищення вібраційної надійності ТНА ЖРД шляхом розроблення загального підходу щодо ідентифікації жорсткісних характеристик підшипникових опор з урахуванням початкових зазорів і попереднього осьового навантаження відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 11342-95 «Методи і критерії балансування гнучких роторів». Для досягнення цієї мети були сформульовані наступні завдання. По-перше, потрібно запропонувати математичну модель ідентифікації нелінійної жорсткості підшипникових опор. По-друге, необхідно удосконалити математичну модель поперечних коливань ротора та підтвердити її достовірність шляхом порівняння з даними фізичних і чисельних моделювань, одержаними під час реалізації науково-дослідної роботи «Проведення досліджень динаміки роторів турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів» у рамках договору № 51.24-01.15.СП між Сумським державним університетом і ДП «КБ «Південне» ім. М. К. Янгеля».

З огляду на вищезазначене, у роботі проведено аналіз існуючих досліджень впливу різних факторів на еквівалентну жорсткість підшипникових опор ТНА ЖРД і методів урахування

цих факторів для забезпечення вібраційної надійності роторних систем. На основі досліджень запропоновано алгоритм оцінювання еквівалентної жорсткості, яка враховує вплив швидкості обертання валу, зазорів у підшипникових опорах і попереднього осьової навантаження. Достовірність запропонованого підходу підтверджується тим що відносна похибка визначення перших двох критичних частот не перевищує 3 %, а при проведенні параметричної ідентифікації – 7 % для підшипника 56-216 та 2 % для підшипника 45-276214.

Наукові результати одержано під час виконання науково-дослідної роботи «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (номер держреєстрації 0121U112684) у рамках договору № БФ/26-2021 між Сумським державним університетом і Міністерством освіти і науки України.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ІНСТРУМЕНТІВ ІЗ ПКНБ З ОБРОБЛЮВАНИМ МАТЕРІАЛОМ ПРИ ОБРОБЦІ В ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Чумак А.О., Клименко С.А.

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України

Одним із основних механізмів зносу інструментів із полікристалічного кубічного нітриду бору (ПКНБ) при обробці матеріалів на основі Fe, Ni є хімічна взаємодія між інструментальним, оброблюваним матеріалами та киснем навколишнього середовища. Результатом такої взаємодії являється утворення на контактних ділянках інструменту легкоплавких боридів типу MexB. Вважається, що даний механізм зносу інструментів із ПКНБ є превалюючим при обробці на високих швидкостях різання, для яких характерна температура >1000 °С.

З метою оцінки впливу навколишнього середовища на параметри контактної взаємодії інструментів із ПКНБ з оброблюваним матеріалом, проведено дослідження обробки загартованої сталі (58 HRC) в захисному середовищі для виключення фактору зносу за рахунок окислення контактних поверхонь інструменту.

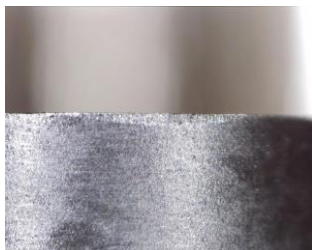
Для проведення досліджень були використані різальні пластини із ПКНБ «Борсиніт» cBN+Si₃N₄. Обробка відбувалася в контейнері з подачею азоту під тиском до 2,5 атм, конструкція контейнера дозволяє фіксувати силу різання за допомогою динамометра УДМ 600, величина фаски зносу фіксувалася оптичним мікроскопом. Оброблюваний матеріал – ШХ15, параметри процесу обробки: $v = 95$ та 230 м/хв.; $S = 0,12$ мм/об; $t = 0,2$ мм.

Для виключення ефекту охолодження також проводилася обробка і в середовищі повітря, яке подавалося в контейнер під таким же самим тиском.

Встановлено, що при швидкості різання 230 м/хв. і тиску азоту або повітря до $2,5$ атм, за інших рівних умов, наявність газового середовища сприяє зниженню фаски зносу інструменту по задній поверхні з $0,18$ до $0,14$ - $0,16$ мм, що пов'язано із ефектом охолодження зони різання.

На швидкості різання 95 м/хв та із зниженням тиску азоту чи повітря до $0,4$ атм, зміни величини фаски зносу не виявлено (рис. 1).

Можливим свідченням зміни умов контактування є характер зміни сили різання. Передбачалося, що при точінні в середовищі азоту складові сили різання будуть збільшуватись, в порівнянні із стандартними умовами обробки, що обумовлено зменшенням окислення матеріалу і, відповідно, збільшенням сили тертя на контактних ділянках. Однак різниця в значеннях складових сили різання (рис. 2) для різних умов обробки мінімальна, що вказує на незмінність умов контактування між інструментальним та оброблюваним матеріалом.

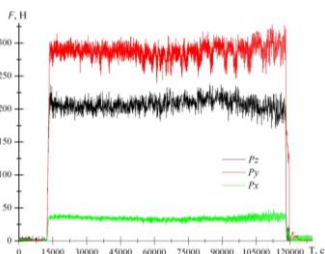


а)

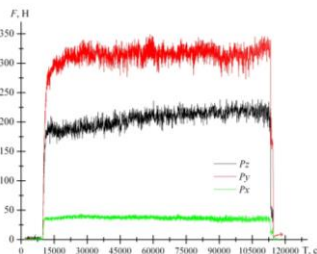


б)

Рисунок 1 – Фаска зносу інструментів із ПКНБ після точіння загартованої сталі ШХ15 на повітрі (а) та в середовищі азоту (б)



а)



б)

Рисунок 2 – Складові сили різання при обробці на повітрі (а) та середовищі азоту б)

Одержані результати вказують на відсутність значного впливу кисню навколишнього середовища на контактну взаємодію інструментів із ПКНБ з оброблюваним матеріалом та на величину зносу. Мікрорентгеноспектральний аналіз ділянок зносу демонструє наявність кисню при обробці на повітрі та його відсутність при точінні у середовищі азоту, що підтверджує наявність без кисневого середовища та вказує на явище безпосередньої хімічної взаємодії cBN-Fe, як основний фактор, що обумовлює зношування композиту на високих швидкостях різання.

БЕЗПОСЕРЕДНЄ З'ЄДНАННЯ МУФТАМИ

Шевель Є.О.

Сумський національний аграрний університет

Муфти приводів здійснюють з'єднання валів, кінці яких підходять один до іншого впритул чи розведені на невелику відстань, причому з'єднання повинне допускати передачу крутного моменту від одного вала до іншого. Вали здебільшого розташовані так, що геометрична вісь одного складає продовження геометричної вісі іншого вала. Рідше геометричні осі валів розташовані під деяким кутом одним до одного [1].

Необхідність застосування муфт викликана різними обставинами: одержанням довгих валів, виготовлених з окремих частин; компенсацією шкідливого впливу неспіввісності валів, зв'язаної з неточністю виготовлення чи монтажу; доданням одному з валів деякої рухливості; зменшенням динамічних навантажень; включенням і вимиканням одного з валів при постійному обертанні іншого вала і деякими іншими. Муфти застосовують також для з'єднання валів із зубчастими колесами, шківками пасових передач і інших деталей. Застосовувані в сучасному машинобудуванні муфти приводів за призначенням, принципом дії і конструкцією надзвичайно численні і різноманітні.

Підгрупи муфт поділяються на види. Кожен вид має кілька різновидів муфт, які розрізняються між собою конструктивними особливостями.

Більшість муфт нормалізовані. Деякі нестандартні муфти виготовляють за нормами заводу і проектних організацій [2]. Відповідно розміри муфт приймають за ДСТУ чи по каталогах заводів і проектних установ. Основна характеристика при підбиранні муфт за ДСТУ, чи каталогу довіднику - переданий муфтою крутний момент, враховуючий найбільш важку умову її навантаження і називають розрахунковим крутним моментом: $T_k = kT$, де T – крутний момент, переданою муфтою при сталому режимі роботи (номінальний момент); k – коефіцієнт

динамічності чи режиму роботи, що враховує додаткові динамічні навантаження на муфту; його значення залежать від роду приводного двигуна і призначення робочої машини; $k = 1 \dots 6$ (значення k приведені в довідковій літературі). Тому що муфти підбирають за ДСТУ чи відомчим нормаліям, то розрахунок їх здійснюють як перевірочний.

Література:

1. Бабакин В.И. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. В 2-х ч. Уфа: Издательство: УГНТУ 2007- 346 с.
2. Фираго Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Мн.: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
3. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. Иваново: Издательство, ИГЭУ2008, - 312 с.
4. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. М.: Издательство МЭИ, 2007- 224 с.
5. Фираго Б. И. Теория электропривода.

ПЕРЕВАГИ СИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Шевель Є.О.

Сумський національний аграрний університет

Синхронні електродвигуни відносять до групи практично не регульованих. Вони застосовуються головним чином для приводів середньої і великої потужності, що не вимагають регулювання швидкості обертання, наприклад, для приводів компресорів, насосів, вентиляторів. Перевагою синхронного електродвигуна є можливість роботи з коефіцієнтом потужності, що дорівнює одиниці і навіть з випереджаючим струмом, що дозволяє здійснювати компенсацію реактивної потужності електроприймачів, але вони коштують дорожче асинхронних [1].

Доцільність їх застосування виправдовується економічністю, одержуваної від компенсації реактивної потужності.

У синхронному електродвигуні швидкість обертання залишається строго постійною, що не залежить від навантаження і величини струму збудження, Тому механічна характеристика синхронного електродвигуна є абсолютно жорсткою і становить пряму, паралельну осі моментів (рис. 1а).

У роботі електроприводів з синхронним електродвигуном великі значення мають так звані кутові характеристики синхронного електродвигуна, які представляють собою залежність електромагнітного моменту електродвигуна від кута зсуву осі полюсів ротора і полюсів обертового поля статора (кут зсуву вектора напруги статора щодо вектора ЕРС, індуктивований до обмотки статора полем ротора). Ця залежність має характер синусоїди (рис. 1 б).

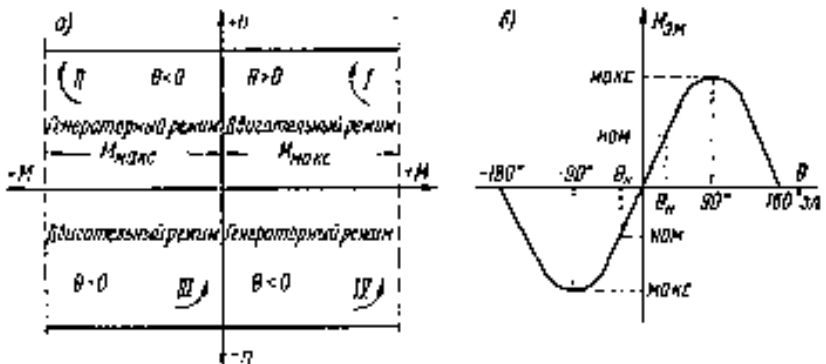


Рисунок 1 – Механічна характеристика (а) і кутова характеристика (б) синхронного електродвигуна

При холостому ході осі полюсів ротора і поля статора збігаються: кут θ і $M = 0$. При збільшенні навантаження кут зростає, відповідно зростатиме і момент електродвигуна [2].

Максимальне значення моменту настає: у міру подальшого зростання кута момент почне зменшуватися, що відповідає випадання електродвигуна з синхронізму і його зупинці. Тому стійка робота електродвигуна можлива при кутах, що не перевищують 90° . З огляду на можливі поштовхи навантаження,

завичай кут, відповідний номінальному навантаженні, приймається рівним 1. При цьому перевантажувальна здатність електродвигуна буде саме такою.

Момент синхронного електродвигуна пропорційний першого ступеня напруги, тому електродвигун менш чутливий до коливань напруги мережі, ніж асинхронний. Перевантажувальну здатність синхронного електродвигуна в експлуатаційних умовах можна підвищити збільшенням струму збудження.

Гальмування синхронних електродвигунів здійснюють в динамічному режимі, для цього до кілець ротора подається постійний струм, а обмотка статора замикається на опір. Механічні характеристики синхронного електродвигуна в цьому режимі будуть подібні характеристикам асинхронного електродвигуна при динамічному гальмуванні.

Пуск синхронного електродвигуна, як правило, здійснюється аналогічно асинхронного. Для цієї мети на роторі, крім обмотки збудження, є короткозамкнена пускова обмотка. Пускова обмотка має невеликий об'єм і тому тривала робота електродвигуна в асинхронному режимі неприпустима. При досягненні швидкості, близької до синхронної (95-98% від неї), яку часто називають "підсинхронною" в обмотку збудження подається постійний струм і електродвигун входить в синхронізм [2]. У процесі пуску обмотку збудження електродвигуна замикають за допомогою спорогенезу контакту контактора K на активний опір R , в 10-12 разів більше опору самої обмотки. опір відіграє ту ж роль, що і пусковий реостат в асинхронному електродвигуні з фазним ротором: він зменшує струм при пуску в обмотці збудження і збільшує пусковий момент.

Застосовується також пуск синхронних електродвигунів з збудником, глухо сполученим з обмоткою збудження. Такий спосіб пуску застосуємо для електроприводів, при пуску вхолосту або з малим навантаженням (приводи насосів, вентиляторів, компресорів, дробарок, кульових млинів та ін.). При такому пуску управління синхронним електродвигуном стає таким же простим, як і управління асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором [3]. Синхронні

електродвигуни менш чутливі до коливань напруги мережі, чим асинхронні електродвигуни. Їх максимальний момент пропорційний напрузі мережі, тоді як критичний момент асинхронного електродвигуна пропорційний квадрату напруги. Синхронні електродвигуни мають високу перевантажувальну здатність. Крім того, перевантажувальна здатність синхронного двигуна може бути автоматично збільшена за рахунок підвищення струму збудження, наприклад, при різкому короточасному підвищенні навантаження на валу двигуна.

Література:

1. Трефилов, В.А. Основы электропривода учеб, пособие / В.А. Трефилов. - Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2007. - 158 с.
2. Гуржій А.М., Бойкова В.О., Поворознюк Н.І. Електротехніка з основами промислової електроніки. - К.: Форум, 2000
3. Попов Ю.П., Шовкошитний І.І. Основы электротехники, радио та мікроелектроніки. - Л.: Оріяна-Нова, 2001.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДМОВ

Шевель Є.О.

Сумський національний аграрний університет

Будь-яке електрообладнання в кожен конкретний момент часу знаходиться в одному з двох станів або в робочому, або в неробочому. Під неробочим станом розуміється стан коли обладнанню необхідний попереджувальний або аварійний ремонт, аварійний простій (через несправність даного елемента) або залежний простій (через несправність іншого елемента системи, пов'язаного з даним).

Для більшості елементів системи електропостачання поступовому збільшенні характеристик вище номінального значення зазвичай проходить непоміченим, і неполадка в електропостачанні трапляється тільки тоді, коли елемент вже не в змозі виконувати функції закладені розробниками, тобто як при

раптовій відмові (як приклад - поступове старіння ізоляції яке згодом приводить до короткого замикання). Тому будь-яку відмову, через яку перервалось стабільне електропостачання, можна розглядати як раптову.

Причиною більшості відмов електроенергетичного обладнання зазвичай є пошкодження або несправності. Під пошкодженнями, як правило, розуміють руйнування обладнання, поломку деталей, порушення цілісності електричних і магнітних кіл, псування ізоляції.

До несправностей зазвичай відносять розрегулювання механізмів і захисних пристроїв без їх руйнування, псування і т.п.

Пошкодження і несправності в системах електропостачання також виникають через дефекти обладнання, тобто через невідповідність фактичних характеристик, зазначених на технічному паспорті з заводу виробника (брак продукції), через аварійних (непрогнозованих) впливів навколишнього середовища або в результаті неправильного транспортування, монтажу, обслуговування і ремонту. При цьому залежно від причини виникнення розрізняють конструкційні, виробничі і експлуатаційні відмови.

До конструкційних відносять відмови, що виникають в результаті помилок в процесі проектування обладнання, порушення встановлених норм і правил проектування. Виробничі відмови виникають внаслідок порушення або недосконалості технологічного процесу виготовлення або ремонту об'єкта.

Література:

1. Марченко, О. В. Дацишин, Ю. М. Лаврінченко та ін.; За ред. О. С. Марченка. - К.: Урожай, 1995. — 416 с.
2. Некрасов С. С. Обработка металловрезанием. — М.: Агропромиздат, 1988. — 365 с.
3. ОСТ 70.2.3-79. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценок злектроприводов сельскохозяйственных агрегатов. — М., 1980. —38 с.

ЯК НАГРІВ ВПЛИВАЄ НА ВЛАСТИВОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Шевель Є.О.

Сумський національний аграрний університет

Протікання струму по провіднику супроводжується виділенням тепла, яке нагріває електричну машину. Інші джерела тепла - втрати в сталі статора і ротора, що викликаються дією змінного магнітного поля, а також механічні втрати на тертя в підшипниках.

При збільшенні навантаження на валу електродвигуна струм в обмотках зростає. Перегрів змінює структуру ізоляції і різко погіршує її властивості. Ізоляція стає крихкою, її електрична міцність різко знижується. На поверхні виникають мікротріщини, в які проникає волога і бруд. Надалі відбувається пробій і вигорання частини обмоток. При збільшенні температури обмоток термін служби ізоляції різко знижується.

Непросочені волокнисті матеріали з целюлози, шовки і бавовняні відносять до класу Y (допустима температура 90°C), просочені волокнисті матеріали з целюлози, шовкові і бавовняні з ізоляцією дротів на основі масляних і поліамідних лаків - до класу A (допустима температура 105°C), синтетичні органічні плівки з ізоляцією дротів на основі полівінілацетатних, епоксидних, поліефірних смол - до класу E (допустима температура 120°C), матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокна, вживані з органічними пов'язуючими і просочуючими матеріалами, емалі підвищеної нагрівостійкості - до класу B (допустима температура 130°C), матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокна, вживані в поєднанні з неорганічними пов'язуючими і просочуючими матеріалами - до класу F (допустима температура 155°C).

Електродвигуни проектують з урахуванням того, щоб при номінальній потужності температура обмоток не перевищувала допустиме значення. Звичайно є невеликий запас по нагріву. Тому номінальному струму відповідає нагрів дещо нижче за

граничну норму. Якщо електричний двигун працює в таких умовах, коли температура завжди свідомо нижча за 40°C, його можна перенавантажувати. Іншим чинником, від якого істотно залежить термін служби ізоляції, є дія вологи. При підвищеній вологості повітря на поверхні ізоляційного матеріалу утворюється плівка вологи. Поверхневий опір ізоляції при цьому різко знижується. Утворенню плівки води великою мірою сприяють місцеві забруднення. Через тріщини і пори волога проникає всередину ізоляції, знижуючи її електричний опір.

Дроти з волокнистою ізоляцією, як правило, невологостійкі. Їх стійкість до дії вологи підвищується шляхом просочення лаками. Емальволокниста і емалева ізоляції більш стійкі до дії вологи. При однаковій відносній вологості, але при вищій температурі ізоляція зволожується у декілька разів швидше.

Механічні зусилля в обмотках виникають при неоднакових теплових розширеннях окремих частин машини, вібрації корпусу, при пусках двигуна. Звичайно магнітопровід нагрівається менше, ніж мідні обмотки, їх коефіцієнти розширення різні. В результаті мідь при робочому струмі подовжується більше на десятки долі міліметра, чим сталь. Це створює механічні зусилля усередині паза машини і переміщення дротів, що викликає стирання ізоляції і утворення додаткових зазорів, в які проникає волога і пил. Вібрація корпусу також викликає механічні зусилля, що знижують міцність ізоляції.

Стендові випробування двигунів показали, що при підвищених віброприскореннях дефектність ізоляції обмоток може підвищитися в 2,5 - 3 рази. Вібрація також є причиною прискореного зносу підшипників. Коливання двигуна можуть виникати із-за не співвісності валів, нерівномірності навантаження, неоднаковості повітряного зазору між статором і ротором і несиметрії напруг.

У машинах, що працюють із змінним навантаженням, переважаюча дія може надати нагрів. У електроустановках, що працюють в тваринницьких приміщеннях, найбільш небезпечною для двигуна виявляється дія підвищеної вологості в поєднанні з парами аміаку.

Можна представити можливість конструювання такого двигуна, який міг би протистояти всім цим несприятливим чинникам. Проте такий двигун, мабуть, був би дуже дорогим, оскільки було б потрібно посилення ізоляції, значне поліпшення її якості і створення великого запасу міцності. Для забезпечення надійної роботи двигуна застосовують систему заходів, що забезпечують нормативний термін служби. Перш за все за рахунок застосування якісніших матеріалів покращують технічні характеристики двигуна і його здатність протистояти дії руйнуючих ізоляцію чинників. Удосконалюють засоби захисту двигунів. І, нарешті, забезпечують технічне обслуговування для своєчасного усунення несправностей, які надалі можуть привести до аварій.

Література:

1. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации
Белов М.П., Зементов О.И., Козярук А.Е. и др. Издательство: Академия, 2006 - 368 с.

2. Е.Л.Жулай, Б.В.Зайцев «Электропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній» К.: Вища освіта, 2001 – 288с.

ДОСВІД ВИВЧЕННЯ РОБОТОТЕХНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ ARDUINO І МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Ярема М.А., Коней В.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Вивчення робототехніки і мехатроніки є більш ефективним, якщо кожний студент має доступ до різноманітних і недорогих компонентів для побутових мехатронних систем, а також знає основи програмування якою-небудь алгоритмічної мовою. Arduino – це одна з найбільш доступних, простих і популярних платформ для створення мехатронних систем. Набір для створення мобільного робота можна придбати орієнтовно за 15 \$.

Такий набір містить плату Arduino Uno [1], двигуни постійного струму з редукторами, драйвер двигунів, сервопривід, ультразвуковий сенсор відстані, корпус і кріпильні елементи. Зазвичай програма, яка керує роботом, завантажується в мікроконтролер ("прошивається") і виконується ним. Але є можливість керувати роботом за програмою, яка виконується на персональному комп'ютері. Основною перевагою цього методу є те, що немає обмежень пов'язаних з низькою продуктивністю мікроконтролера, обсягом його пам'яті та граничною кількістю "прошивань". У зв'язку з цим є можливість зручного відлагодження програм і візуалізації виведення даних, а також можливість застосування мов програмування надвисокого рівня (наприклад Python) та їхніх різноманітних бібліотек, які, зокрема, реалізують алгоритми обробки даних, оптимізації, машинного зору чи машинного навчання.

Обмін даними між Arduino та ПК відбувається за допомогою протоколу Firmata – загального протоколу для комунікації мікроконтролерів з головним комп'ютером [2]. Для цього в Arduino завантажується скетч StandardFirmata, а Python-програма використовує пакет pyFirmata. Для роботи ультразвукового сенсора слід використовувати модифіковані варіанти цих програм [3, 4].

Авторами розроблено Python-програму, яка являє собою простий приклад для ідентифікації роботом об'єкта шляхом сканування простору ультразвуковим сенсором та застосування алгоритмів машинного навчання. Програма використовує алгоритм градієнтного бустінга для задачі класифікації з Python-пакету scikit-learn 0.19 [5]. Вихідний код розробленої програми доступний на GitHub [6].

За допомогою Python авторами розроблено також простий веб-сервер для віддаленого запуску програм, які керують роботами. Наявність сервера дозволяє авторизованим студентам, які не мають власного робота, програмувати та відлагоджувати програму спостерігаючи за рухом віддаленого робота через веб-камеру.

Розроблену систему можна використовувати як основу для побудови складніших роботів шляхом використання додаткових сенсорів і актуаторів, а також Python-пакетів.

Література:

1. Arduino Uno Rev3. – Available at: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>.
2. firmata/protocol. – Available at: <https://github.com/firmata/protocol>.
3. jgautier/arduino-1 – Available at: <https://github.com/jgautier/arduino-1/tree/pulseIn>.
4. tino/pyFirmata: Support for Ping (pulseIn Firmata) and other improvements #45 – Available at: <https://github.com/tino/pyFirmata/pull/45/files>.
5. Scikit-learn: Machine Learning in Python / Pedregosa et al. // JMLR 12. – 2011. – pp. 2825-2830.
6. vkopey/mechatronics3: Simple mobile robot based on Arduino, Python, pyFirmata and scikit-learn. – Available at: <https://github.com/vkopey/mechatronics3>.

Електронне наукове видання

**МАШИНОБУДУВАННЯ
ОЧИМА МОЛОДИХ:
прогресивні ідеї – наука – виробництво**

МАТЕРІАЛИ
XX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
(м. Суми, 29 вересня – 1 жовтня 2021 р.)

Відповідальний за випуск В. О. Залога
Комп'ютерне верстання: О. О. Залога, Д. В. Требухов

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 6,28. Обл.-вид. арк. 6,01.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.