

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Материалы
17-й Международной научно-технической конференции
молодых ученых и студентов

17–19 апреля 2024 года

Минск, Республика Беларусь

Минск
БНТУ
2024

УДК 681.2.002 (063)
ББК 34.9я431
Н74

Редакционная коллегия:

О. К. Гусев (председатель), *А. М. Маляревич* (зам. председателя),
А. И. Свистун (зам. председателя), *Р. И. Воробей*,
С. А. Чижик, *А. Л. Савченко*, *М. А. Князев*, *П. С. Серенков*, *К. В. Юмашев*,
А. В. Солонец, *Н. Н. Ризноокая*

Рецензенты:

доктор технических наук *В. Е. Матюшков*,
доктор физико-математических наук *В. Б. Оджаяев*

Издание включает материалы 17-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения» по направлениям: информационно-измерительная техника и технологии; конструирование и производство приборов; микро- и нанотехника; оптоэлектроника, лазерная техника и технология; стандартизация, метрология и информационные системы; прикладные задачи приборостроения; техносфера и менеджмент спорта.

ISBN 978-985-31-0038-9

© Белорусский национальный
технический университет, 2024

СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681

DESIGN AND ANALYSIS OF LONG RANGE TECHNOLOGY SYSTEM

Research Scholar Amit Kumar Mishra
Professor Dr. Dipak P. Patil, Yogesh R. Risodkar, Pallavi Baviskar
Sandip Institute of Engineering and Management, Nashik, India

LoRa is low power wide area network wireless technology which supports data transmission over several kilometers. Lora technology is based on spread spectrum modulation. There are several technologies such Bluetooth and Wi-Fi but they have range limitation. IOT is having two limitations:

1. It requires internet
2. Range issues.

These limitations of IOT are solved by LoRa.

LoRa system consists of three parts: 1. End Node, 2. Gateway, 3. Network server.

1. At End Node, Sensors are interface with Arduino or any other device. LoRa RF Shield will collect the data of sensor.

2. Gateway: Lora RF shield will send data at RF frequency i. e. 868 Mhz to Gateway. Gateway act as demodulator and send its data to PC / Laptop.

3. Network server: It consists of PC or Laptop through which data will be send to server or it can monitor.

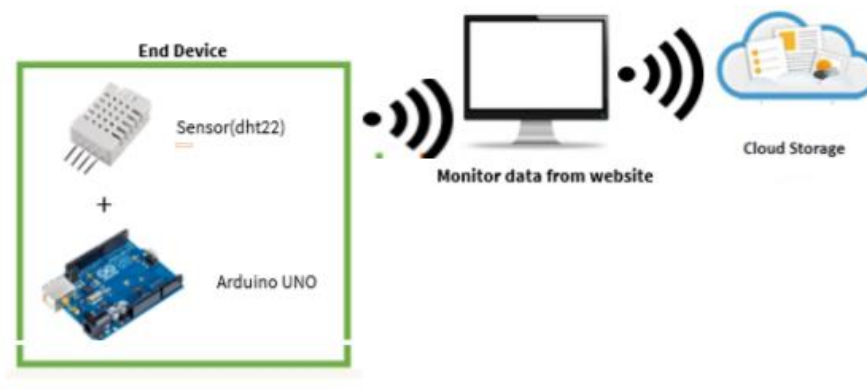


Fig. 1. Block diagram of IOT Technology

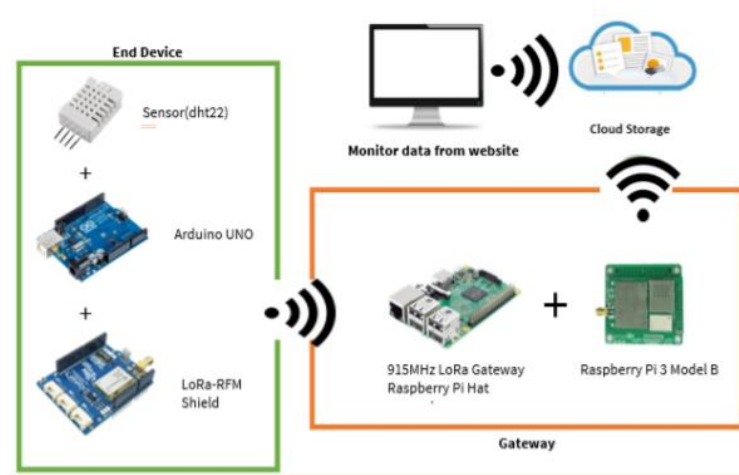


Fig. 2. Block diagram of LoRa

LoRa RF Module / Trans Receiver Specifications are as follows:

1. Operating Voltage: 3.3 V.
2. Operating Frequency: 433 Mhz.
3. Half-Duplex SPI communication.
4. Modulation Technique FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa.
5. Packet size: 256 bytes.
6. Sensitivity: -148 db.

Upto 6 kms of range can be covered by LoRa at data rate of 50 Kbps. In this paper, we are going to design and analyse LoRa System for various applications and going to compare it with other technology.

Reference

1. Srisivanandhini, M. Implementation and Analysis of LPWAN technology using LoRA Architecture / M. Srisivanandhini, Dr. S. Shithra // International Journal of Engineering Technology Science and Research. – 2017. – Volume 4, Issue 10.
2. Harun, H. Design and Development of Gunung Lang Temperature and Humidity Monitoring System using LoRa Technology / H. Harun and S. A. Zainuddin // Adavced Journal of Technical and Vocational Education. – 2018. – P. 49–53.
3. Yan, Y. D. Omnidirection vertically polarized antenna on unmanned aerial vehicle / Y. D. Yan, Y. C. Jiao // 12th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory. – IEEE, 2018. – P. 1–3.
4. Zhou, Z. Design and analysis of a wideband multiple-microstrip dipole antenna with high isolation / Z. Zhou [et al.] // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2019. – Vol. 18. – № 4. – P. 722–726.
5. Boroujeni, S. R. A broadband H-plane patch antenna decoupling technique / S. R. Boroujeni, S. Safavi-Naeini // IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting. – IEEE, 2019. – P. 1763–1764.
6. Hao, J. Pattern-reconfigurable Yagi-Uda antenna based on liquid metal / J. Hao [et al.] // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2021. – T. 20. – № 4. – P. 587–591.
7. Shastry, P. N. Design Optimization of a Tunable Coplanar Patch Antenna / P. N. Shastry, A. San-karasubramaniam // 2020 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and North American Radio Science Meeting. – IEEE, 2020. – P. 119–120.
8. Yang, K. W. Design of a novel wideband printed dipole array antenna / K. W. Yang, F. S. Zhang, C. Li // Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference. – IEEE, 2018. – P. 1–3.

УДК 681

HF BAND VEHICULAR ANTENNA WITH NVIS COMMUNICATION

Research Scholar Amit Kumar Mishra¹

Professor Dr. Dipak P. Patil²

¹Sandip Institute of Technology and Research Centre, Nashik, India

²Sandip Institute of Engineering and Management, Nashik, India

Antenna plays a vital role in our day today life because through Antenna, signal transmission and reception take place. Information security is one of the key components for military applications. Vehicle antennas work in the L Band, or roughly 1 to 2 GHz, although they need satellites to transmit signals. However, there are restrictions on signal transmission in the ionosphere, such as skip zones. The skip zone is the region in which communication is not possible due to a lack of signal reception. NVIS is therefore used to get around this restriction. NVIS represents Near Vertical Incident Skywave. Low HF frequencies and extremely high radiation angles ($> 75^\circ$) are used in the implementation of NVIS antennas. It is noted that good radiation efficiency is rarely attained with current research. It reveals errors in the antenna's proper radiation angle setup. A radiation angle that is appropriate lowers the skip zone.

Lastly, in order to improve the characteristics like gain and efficiency, we're going to utilise certain strategies that will improve the antenna's performance. This antenna will work across the ionosphere and be beneficial for transmitting data and voice in military applications.

Reference

1. Ignatenko, M. Wide-Band High-Frequency Antennas for Military Vehicles: Design and testing low-profile half-loop, inverted-L, and umbrella NVIS antennas / M. Ignatenko [et al.] // *IEEE Antennas and Propagation Magazine*. – 2016. – Vol. 58. – № 6 – P. 64–74.
2. Sanghai, S. A. Low-profile two-arm inverted-L antenna design for vehicular HF communications / S. A. Sanghai, M. Ignatenko, D. S. Filipovic // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. – 2017. – Vol. 65, № 11. – P. 5710–5719.
3. Ignatenko, M. On the design of vehicular electrically small antennas for NVIS communications // *IEEE transactions on antennas and propagation*. – 2016. – Vol. 64. – № 6. – P. 2136–2145.
4. Castillo, R. F. Platform-based, electrically-small HF antenna with switchable directional radiation patterns / R. F. Castillo, R. Ma, N. Behdad // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. – 2021. – № 8. – P. 4370–4379.
5. Bouvy, A. A heuristic study of the bandwidth potential of electrically small, platform-based antennas at the HF band / A. Bouvy, N. Behdad // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. – 2020. – № 2. – P. 623–635.
6. Sanghai, S. Two arm offset fed inverted-L antenna for vehicular HF communications / S. A. Sanghai, M. Ignatenko, D. S. Filipovic // *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*. – IEEE, 2015. – P. 1604–1605.
7. Park, Y. J. Low-profile inverted-L aircraft antenna with one folding using ground edge current / Y. J. Park [et al.] // *Electronics letters*. – 2014. – T. 50. – № 17. – P. 1188–1190.
8. Sarrazin, F. Radiation efficiency improvement of a balanced miniature IFA-inspired circular antenna / F. Sarrazin, S. Pflaum, C. Delaveaud // *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. – 2016. – T. 16. – P. 1309–1312.
9. Joshi, M. P. Design and analysis of microstrip patch antenna for WLAN and vehicular communication / M. P. Joshi, V. J. Gond // *Progress In Electromagnetics Research C*. – 2019. – Vol. 97. – P. 163–176.
10. Gain enhancement of a broadband symmetrical dual-loop antenna using shorting pins / J. Liu [et al.] // *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. – 2018. – Vol. 17. – № 8. – P. 1369–1372.

УДК 681

DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEM IN WIRELESS IMAGING AND DIAGNOSTICS

Atul Chaudhari¹

Professor Dr. Dipak P. Patil²

¹Sandip Institute of Technology and Research Centre, Nashik, India

²Sandip Institute of Engineering and Management, Nashik, India

The utilization of Distributed Antenna Systems (DAS) has become increasingly significant within healthcare environments, as they provide dependable wireless communication solutions that are vital for contemporary medical imaging and diagnostic procedures. This study investigates the utilization of Decision Support Systems in facilitating wireless imaging and diagnostics in healthcare settings. The guarantees reliable and resilient wireless coverage, enabling the smooth transfer of medical imaging data from different imaging modalities to central viewing stations or Picture Archiving and Communication Systems. This allows radiologists and physicians to remotely examine imaging tests, which helps them analyze and diagnose them promptly.

In addition, the utilization of DAS facilitates instantaneous collaboration among healthcare professionals through the facilitation of wireless communication and the exchange of images during diagnostic procedures and consultations. The implementation of DAS improves telemedicine and teleradiology programs, enabling radiologists to remotely analyze pictures and offer diagnostic consultation to healthcare practitioners in remote or underserved regions. DAS technology enhances the performance of portable imaging devices, such as handheld ultrasound scanners and mobile X-ray units, by guaranteeing uniform coverage and dependable data transfer. This allows for point-of-care imaging and quick diagnostic evaluation in different clinical environments. DAS facilitates wireless access for imaging equipment utilized in critical care situations, allowing for swift diagnostic and treatment determinations for patients with severe injuries or medical emergencies in emergency rooms and trauma centers. Distributed Antenna Systems are of paramount importance in facilitating wireless imaging and diagnostic functionalities within healthcare establishments. These systems enable the transmission of im-

ages in real-time, facilitate remote collaboration, and provide access to specialized expertise. DAS improves diagnostic productivity, boosts patient outcomes, and enables smooth integration of imaging equipment into clinical processes by assuring dependable wireless communication.

A DAS's antennas may need to be omnidirectional to offer coverage in all directions, or they may need to be directional to concentrate signal coverage in particular locations. Antennas should be able to cover the intended region with enough gain to offset signal loss in the distribution system. Depending on the particular deployment scenario, different gain requirements may vary. Proposed distributed antenna system of three monopoles improves the bandwidth. The efficiency in free-space settings exhibits greater resilience, compared to a single monopole solution and a distributed system consisting of two monopoles.

Reference

1. Distributed antenna systems for wireless handheld devices robust to hand loading / A. Andujar [et al.] // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 2012. – Vol. 60. – № 10. – P. 4830–4837.
2. Kim, J. Implanted antennas inside a human body: Simulations, designs, and characterizations / J. Kim, Y. Rahmat-Samii // IEEE Transactions on microwave theory and techniques. – 2004. – № 8. – P. 1934–1943.
3. Wearable electromagnetic head imaging system using flexible wideband antenna array based on polymer technology for brain stroke diagnosis / A. S. M. Alqadami [et al.] // IEEE transactions on biomedical circuits and systems. – 2018. – Vol. 13. – № 1. – P. 124–134.
4. Pastorino, M. Microwave imaging. – John Wiley & Sons, 2010.
5. Gupta, A. A survey and classification on applications of antenna in health care domain: data transmission, diagnosis and treatment / A. Gupta, A. Kansal, P. Chawla // Sādhanā. – 2021. – Vol. 46, № 2. – P. 68.
6. Tsai, C. L. Implantable wideband low-specific-absorption-rate antenna on a thin flexible substrate / C. L. Tsai, K. W. Chen, C. L. Yang // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2015. – Vol. 15. – P. 1048–1052.
7. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz) // Health physics. – 2020. – Vol. 118, № 5. – P. 483–524.
8. Manjunath, K. A. ISM band integrated distributed antenna systems for industry 4.0: A techno-economic analysis / K. A. Manjunath, V. Agarwal // GLOBECOM 2020–2020 IEEE Global Communications Conference. – IEEE, 2020. – P. 1–6.
9. Mazloum, T. Impact of Indoor Distributed Antenna System on RF-EMF Global Exposure / T. Mazloum, S. Wang, J. Wiart // IEEE Access. – 2023.
10. Saleh, A. A. M. Distributed antennas for indoor radio communications / A. A. M. Saleh, A. J. Rustako, R. Roman // IEEE Transactions on Communications. – 1987. – Vol. 35, № 12. – P. 1245–1251.
11. Hoglund, D. H. Distributed antenna systems for healthcare // White Paper IT Horizons. – 2010. – P. 32–38.
12. Distributed Antenna System in 3GPP Specified Industrial Environment / M. U. Sheikh [et al.] // 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference. – IEEE, 2021. – P. 1–6.

УДК 681

CORROSION RADAR DEVICE

Student master degree Sharopov H. N.

Associate Professor Abdukarimov M. M.

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Corrosion is a significant problem in the oil and gas industry that can cause equipment failure and environmental hazards. There are several factors that emphasize the seriousness of the corrosion problem in this direction. Based on the statistics of the world, it was announced that the annual cost of corrosion in industrial organizations is 2.5 trillion dollars.

There are several types of corrosion, including: Corrosion caused by liquid fuels is also included in chemical corrosion. The main components of liquid fuel do not corrode metals, but corrosion occurs as a result of the effect of sulfur, hydrogen sulfide and sulfur-containing organic substances contained in petroleum and lubricating oils on metals. This effect is manifested only in waterless conditions. Converts to electrochemical corrosion in water.

Of course! Prevention of corrosion in process pipelines in mines is essential to maintain their integrity and ensure safe and efficient operation. There are several common methods used to prevent corrosion. One of the devices being implemented today through innovative technologies is the

Corrosion RADAR device. Purpose and tasks of the device, monitoring of currents in insulated pipes, remote detection, prediction of corrosion.

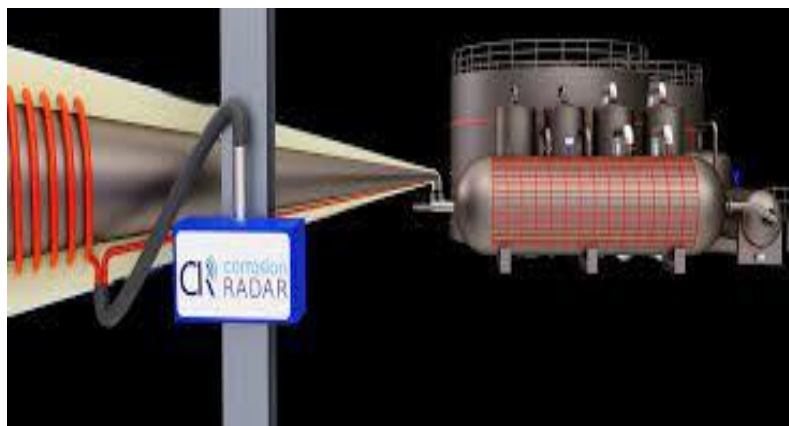


Fig. 1. Corrosion radar technology

The technology uses sensors and artificial intelligence to monitor this corrosion in real-time, enabling early detection and prevention of corrosion seen in industry. Their technology can be used in a variety of industries, including oil and gas, marine, and mining. In addition, the advantage of the device is that it can be used in complex technological devices, including the most complex geometric shapes, and in the hottest (+300 °C) or cold (–190 °C) industrial devices. As a result, based on the reports that will be presented at the installation, it provides the necessary information for the protection of the technological pipelines and the protection of the devices.

Sensor technology: Corrosion RADAR uses non-intrusive wireless sensors that are attached to the surface of the structure or pipeline being monitored. These sensors are designed to detect changes in the electrochemical properties of metal, providing early signs of corrosion.

Real-time monitoring: Sensors continuously collect data on corrosion rate, metal loss and other relevant parameters. This real-time monitoring enables immediate detection of corrosion and enables proactive maintenance and intervention.

Artificial Intelligence (AI): Corrosion RADAR uses artificial intelligence algorithms to analyze data collected by sensors. An artificial intelligence algorithm can identify patterns, identify corrosion hotspots, and predict future corrosion behavior based on historical data. This will help you optimize your maintenance strategy and prevent serious damage.

References

1. Patina [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.corrosionpedia.com/definition/1201/patina>.
2. Pitting corrosion [Electronic resource]. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Pitting_corrosion.
3. M. M. Abdurkarimov, H. N. Sharopov. Proceedings of the International conference on the topic «Innovative approaches to localization».

УДК 681

SMART SECURITY SYSTEM USING RASPBERRY PI

Suhas Kale¹

Professor Dr. Dipak P. Patil²

¹Sandip Institute of Technology and Research Centre, Nashik, India

²Sandip Institute of Engineering and Management, Nashik, India

Now a day's Detecting burglary and theft is a major security concern in a variety of contexts, ranging from small residences to large industries. The need for cameras is expanding rapidly for theft monitoring, yet these cameras do not provide an alarm when motion is detected. CCTV cameras are expensive due to the incorporation of computer technology in surveillance systems. It allocates too much space for continuous recording and necessitates person to identify unauthorized activity. Hamzah H. Qasim et al. [1] proposes real time monitoring using IoT and SMS. D. Mathew et al. [2] proposes the

Raspberry Pi system is more cost-effective, has superior resolution, and has lower power consumption compared to the previous systems.

In this paper we are using a PIR sensor for motion detection and a Raspberry Pi camera for capturing photographs of intruders. When motion is detected by the PIR sensor in the room, the camera captures an image and saves it temporarily in the Raspberry Pi module. It then sends an email notification to the user with the associated image upon recognizing motion. This system provides an advanced method for detecting theft and is suited for many applications such as bank locker rooms, tiny personal areas, surveillance in homes/offices, and parking entrances. Fig. 1 shows the experimental setup. Fig. 2 shows email notification after motion detected with image of intruder.



Fig. 1. Experimental Set up

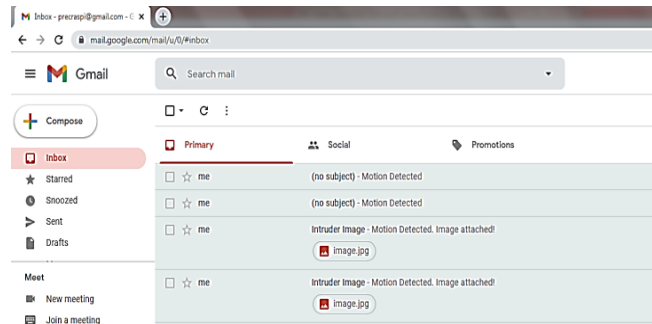


Fig. 2. Email notification with image

Reference

1. Qasim, H. H. Real-time monitoring system based on integration of internet of things and global system of mobile using Raspberry Pi / H. H. Qasim, A. M., Jasim, K. A. / Hashim // Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. – 2023. – Vol. 12, № 3. – P. 1418–1426.
2. System for Detecting Intrusions using Raspberry PI / D. Mathew [et al.] // International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI). – IEEE, 2023. – P. 1–6.

УДК 681

IoT-BASED WEARABLE DEVICE FOR CONTINUOUS INFANT HEALTH MONITORING WITH AI INTEGRATION

Associate Professor Tushar H. Jaware¹, Principal & Professor Dipak P. Patil²,
Associate Professor Ravindra D. Badgujar¹, Associate Professor Mahesh B. Dembrani¹,
Research Scholar Jitendra P. Patil¹

¹E&TC Engg, R C Patel Institute of Technology, Shirpur, India

²Sandip Institute of Engineering and Management, Nasik, India

This paper addresses the global challenge of infant mortality, where nearly 3 million infants succumb to health disorders within their initial month of life. The inability of infants to articulate their distress necessitates continuous monitoring, as traditional periodic check-ups fall short in predicting and preventing potential illnesses.

A significant hurdle in existing wearable infant monitoring systems lies in the accuracy and consistency of health information. Many wearables lack scientific validation, raising concerns about their safety and efficacy in healthcare applications. This paper emphasizes the need for producers to substantiate the safety and efficacy of their products through peer-reviewed scientific research.

The proposed solution involves developing an IoT-enabled wearable device, specifically a wristband, for continuous infant health tracking. This device assigns a Unique Identification Number (UIN) to each infant, ensuring secure access to health data by healthcare professionals and parents through various applications, such as web and mobile interfaces.

Key project objectives include a comprehensive review of existing wearable health monitoring systems, the design and implementation of an intelligent AI & IoT-enabled wristband, the creation of a decision support system for healthcare professionals, and the advancement towards a paperless healthcare system through the development of smart next-generation medical devices.

This project envisions a technological innovation in infant health monitoring, promoting a shift towards a proactive and preventive healthcare approach. By leveraging AI-based analytics and real-time data synchronization, this wearable device aims to predict and prevent life-threatening illnesses, ensuring infants receive timely and appropriate medical care. The emphasis on privacy through encryption and authentication methods addresses ethical considerations associated with handling sensitive health information. The ultimate goal is to contribute significantly to reducing infant mortality rates and improving the overall quality of healthcare for infants on a global scale. Fig. 1 shows the proposed system architecture.

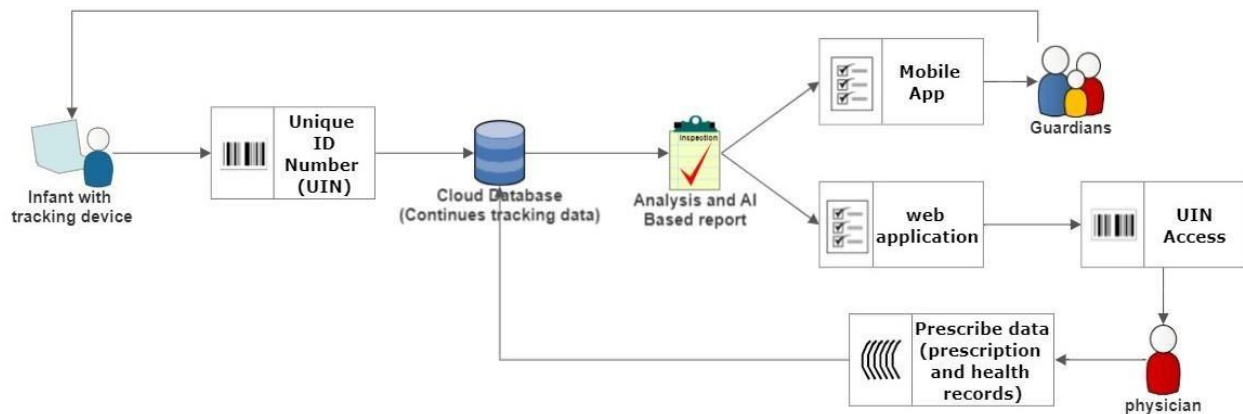


Fig. 1. Architecture of proposed system

References

1. A survey of wearable devices and challenges / S. Seneviratne [et al.] // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2017. – Vol. 19, № 4. – P. 2573–2620.
2. Baba, E. A health remote monitoring application based on wireless body area networks / E. Baba, A. Jilbab, A. Hammouch // 2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV). – IEEE, 2018. – P. 1–4.
3. Mardonova, M. Review of wearable device technology and its applications to the mining industry / M. Mardonova, Y. Choi // Energies. – 2018. – Vol. 11, № 3. – P. 547.
4. A novel wearable sensor device for continuous monitoring of cardiac activity during sleep / Schneider J. [et al.] // 2018 IEEE sensors applications symposium (SAS). – IEEE, 2018. – P. 1–6.
5. Design of wireless sensor system for neonatal monitoring / Chen W. [et al.] // 2011 4th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security. – IEEE, 2011. – P. 1–5.
6. Baby health monitoring system using wireless and remote access technology / Rane S. [et al.] // Int. J. Recent Trends Eng. Res. (IJRTER). – 2017. – Vol. 3, № 1. – P. 261–264.
7. Haghi, M. Wearable devices in medical internet of things: scientific research and commercially available devices / M. Haghi, K. Thurow, R. Stoll // Healthcare informatics research. – 2017. – Vol. 23, № 1. – P. 4.
8. Baig, M. M. A comprehensive survey of wearable and wireless ECG monitoring systems for older adults / M. M. Baig, H. Gholamhosseini, M. J. Connolly // Medical & biological engineering & computing. – 2013. – Vol. 51. – P. 485–495.
9. A systematic review of wearable patient monitoring systems-current challenges and opportunities for clinical adoption / M. M. Baig [et al.] // Journal of medical systems. – 2017. – Vol. 41. – P. 1–9.
10. Wearable sensor systems for infants / Zhu Z. [et al.] // Sensors. – 2015. – Vol. 15, № 2. – P. 3721–3749.
11. IoT-Based Wearable and Smart Health Device Solutions for Capnography: Analysis and Perspectives / D. F. T. Morais [et al.] // Electronics. – 2023. – Vol. 12, № 5. – P. 1169.
12. Internet of things (IoT) in nano-integrated wearable biosensor devices for healthcare applications / D. Verma [et al.] // Biosensors and Bioelectronics: X. – 2022. – Vol. 11. – P. 100153.

АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА

Студент гр. 120411, лаборант-исследователь ЛИДПИ, СОиН Абгарян Ж. С.

Ст. научный сотрудник Лихошерст В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Точность и стабильность выходного сигнала волнового твердотельного гироскопа [1] в режиме датчика угла [2] или датчика угловой скорости [3] во многом определяется параметрами резонатора, обеспечиваемыми в процессе изготовления. Основными параметрами резонатора являются разночастотность и разnodобротность. Для анализа качества резонатора, а также для определения необходимости балансировки, перед сборкой осуществляется процедура измерения параметров. Измерение параметров заключается в последовательном возбуждении резонатора от различных пар пьезоэлементов и измерении частоты колебаний резонатора. Для ускорения процесса производства резонаторов рационально решение автоматизировать процедуру измерения параметров резонатора.

Пьезоэлементы, раскачивающие кромку резонатора работают попарно, а их общее количество – четыре пары. Это подразумевает работу оператора по подключению каждой пары пьезоэлементов к измерительным приборам поочередно, снятие показаний и осуществление расчета параметров, что очень затратно по времени, а также возможна ошибка оператора при подключении.

Автоматизация перечисленных рутинных операций возможна при использовании микроконтроллерного устройства управляющего подключением и отключением пар пьезоэлементов к источнику сигнала возбуждения, измерением параметров колебаний, а также передачей полученных данных на компьютер оператора после завершения цикла измерений.

Алгоритм функционирования контроллера заключается в выполнении следующей последовательности: коммутация первой пары пьезоэлементов, подача сигнала возбуждения; ожидание выхода на режим – контроль амплитуды выходного сигнала резонатора; измерение частоты колебаний – захват определенного числа периодов колебаний и вычисление частоты; измерение добротности – отключение сигнала возбуждения, измерение времени за которое амплитуда колебаний уменьшится в e раз, вычисление добротности; перечисленные операции выполняются для каждой пары пьезоэлементов; вычисление величин разночастотности и разnodобротности на основе измеренных величин для каждой пары. формирование пакета данных, содержащего информацию для последующих этапов изготовления.

На основе изложенного алгоритма требования к контроллеру и периферийным устройствам, обеспечивающим процесс измерения следующие: обеспечение точности измерения частоты на уровне 0,01 Гц методом обратного счета для частот колебаний до 10 кГц требует источника опорного сигнала с частотой не менее 10 МГц; измерение амплитуды сигнала с точностью не менее 1 мВ при максимальной амплитуде входного сигнала до 3 В требует применения быстродействующих АЦП с разрядностью не менее 2^{16} ; элементы коммутации должны обладать малым собственным сопротивлением и обеспечивать протекание переменного тока.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Распопов, В. Я. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором // Под ред. В. Я. Распопова. – Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 189 с.
2. Лихошерст, В. В. Датчик угла крена на базе волнового твердотельного гироскопа / В. В. Лихошерст, А. В. Каликанов, Д. С. Стрельцов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2023. – № 2 (127). – С. 71–75.
3. Дулуб, Я. В. Волновой твердотельный гироскоп в режиме датчика угловой скорости / Я. В. Дулуб, А. В. Каликанов // Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции «Наука молодых – будущее России». – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2023. – С. 47–52.

УДК 681

АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ, КОНТРОЛЯ, ПЕРЕДАЧИ ИЗВЕЩЕНИЙ ДАТЧИКА ИЗВЕЩАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО ТЕПЛОВОГО МАКСИМАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО

Студенты гр. 11301121 Адамович К. А., Купренко К. В.

Ст. преподаватель Василевский А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель работы заключается в разработке устройства регистрации, контроля, передачи извещений датчика извещателя пожарного теплового максимально-дифференциального.

Данное устройство предназначено для обнаружения возгораний, пожаров в помещениях по значению температуры окружающей среды [1] и соответствует стандартам [2]. В состав этого устройства входят: датчик температуры, блок обработки сигналов, блок светозвуковой индикации, блок контроля напряжения питания, аккумуляторной батареи и разъема (рис. 1).

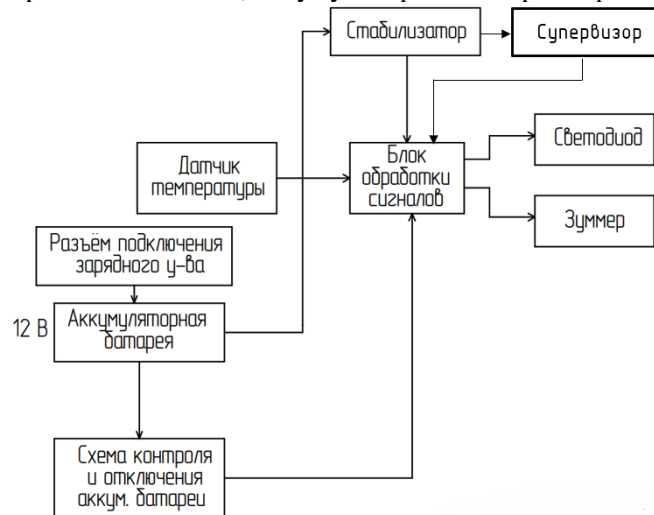


Рис. 1. Структурная схема устройства

Основной режим работы: происходит при подаче питания. Далее идет инициализация микроконтроллера. Если уровень питания микроконтроллера недостаточный для стабильной работы, происходит удержание микроконтроллера в состоянии сброса до стабилизации напряжения питания на микроконтроллере. Далее микроконтроллер формирует запрос на датчик температуры, формирует сигнал и записывает код, который сравнивается с пороговым кодом. Результат сравнения передается на блок светозвуковой индикации и устройство сигнализирует о нормальной работе одним включением светодиода, или включает тревожную сигнализацию.

В случае если аккумуляторная батарея разряжена, схема контроля батареи включает светодиод «ПИТАНИЕ», а зуммер издает звуковые сигналы. После подключения зарядного устройства, светодиод «ПИТАНИЕ» выключается, а когда аккумуляторная батарея полностью зарядится, то схема контроля отключит зарядное устройство.

Данное устройство по сравнению с существующими аналогами, содержит супервизор, схему контроля аккумуляторной батареи, схемой удержания микроконтроллера и разъем для подключения зарядного устройства, что делает его мобильным и простым в использовании.

Литература

1. СН 2.02.03-2019. Строительная норма Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений. – Введ. 04.04.2021. – Минск: Стройтехнорм, 2019. – 27 с.
2. СТБ 11.16.02-2007. Государственный стандарт Республики Беларусь. Система стандартов пожарной безопасности. Устройства электроснабжения технических средств противопожарной защиты. Общие технические условия. – Введ. 01.02.08. – Минск: БелГИСС, 2007. – 12 с.

УДК 681

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Студенты гр. 11301121 Адамович К. А., Купреенко К. В.,
студенты гр. 11301120 Любинский К. А., Гулич А. Ю. Голубович А. И.,
студент гр. 11301122 Веселовский В. А.

Ст. преподаватель Исаев А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современном мире существует большое количество методов для оценки текущего состояния обмоток. Основными способами являются: измерение сопротивления изоляции между фазными обмотками и корпусом электроприбора (рис. 1) [1] и измерение сопротивления межвитковой изоляции в обмотке электроприбора.

Рассмотрев способ измерения сопротивления изоляции между фазными обмотками и корпусом, были подытожены следующие методы: точечный – подача напряжения на короткое время и измерение величины сопротивления на этот момент, влияния времени экспериментируемого напряжения – последовательное измерение величин сопротивления изоляции в определенный период времени, показателя поляризации – отношение показателей 1 минуты и 10 минут, испытания рассеиванием в диэлектрике – измерение тока повторного поглощения, тестирования изоляции с высоким сопротивлением.



Рис. 1. Измерение изоляции на электроинструменте

На данный момент методы оценки состояния электроприборов по измерению сопротивления межвитковой изоляции обмоток в множественных случаях нацелены на выявление короткозамкнутых витков [2], их основа – стремление сопротивления в месте дефекта к нулю. При контакте проводников, сопротивление не равно нулю, а значит усилие нажатия расположится в диапазоне от нескольких десятков долей Ом до десятков Ом.

При анализе методов по оценке состояния фазных обмоток для измерения сопротивления изоляции, сделали вывод, что разработанные методы обладают уникальным набором признаков и позволяют упорядочить их применение. Методы по оценке состояния обмоток, проводимые непосредственно в оборудовании наименее ресурсозатратные, что является достоинством.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта по договору № 11-48/54 от 14.03.2024.

Литература

1. Стандарт IEEE 43-2000 (R2006). – IEEE «Рекомендуемая практика для тестирования сопротивления изоляции электродвигателей».
2. Исаев, А. В. Оценка состояния электрических машин на основе математического моделирования дефектообразования в обмотках / А. В. Исаев, Ю. В. Суходолов, Д. В. Балахонов // Приборы и методы измерений. – Минск: БНТУ, 2022. – 302 с.

УДК 681

ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ В ОБМОТКАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Студенты гр. 11301121 Адамович К. А., Купреенко К. В.,
студенты гр. 11301120 Любинский К. А., Гулич А. Ю. Голубович А. И.,
студент гр. 11301122 Веселовский В. А

Ст. преподаватель Исаев А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель работы заключается в рассмотрении основных подходов изоляции обмоток. Изоляция обмоток необходима для обеспечения безопасной и исправной работы электрических приборов и установок. Обеспечить безопасную работу можно при помощи различных способов изоляции обмоток электрических машин. Изоляция должна обеспечивать максимальное сопротивление что бы препятствовать утечкам тока вне проводников. Для этого используют материалы с высоким сопротивлением, изолируют сами проводники, кабеля, корпуса приборов, независимо от того какая это электрическая машина, особое внимание уделяют изоляции обмоток. Материал должен быть устойчивым к внешним факторам таким как: тепловое воздействие, механическое воздействие и так далее. В случаях повреждения изоляции может появиться или увеличится ток утечки, за счет падения сопротивления изоляции, опасный для человека и оборудования, появляются короткие замыкания в обмотке. Большую часть неисправностей электрического оборудования составляют пробой самих витков, изготовленных из эмалированного медного провода, и повреждение межвитковой изоляции. Возникают эти повреждения в следствии непосредственной работы оборудования. Необходимо периодически проверять обмотки путем измерения сопротивления самих обмоток. Также есть возможность постоянного контроля сопротивления. Катушка укладывается в пазы ротора. В высоковольтных машинах, кроме самой, лаковой изоляции провод, в пазы вкладывается двойная хлопчатобумажная изоляция (рис. 1).

По виду изоляции и оболочки различают кабели с пропитанной бумажной изоляцией в металлической оболочке; с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом, в металлической оболочке; с пластмассовой изоляцией в пластмассовой или металлической оболочке; с резиновой изоляцией в пластмассовой, резиновой или металлической оболочке. Пластмассовая изоляция подразделяется на поливинилхлоридную и полиэтиленовую. Изоляция кабелей с бумажной пропитанной изоляцией состоит из лент кабельной бумаги, пропитанной маслоканифольным составом. В кабелях на напряжение 1–10 кВ каждая фаза изолируется отдельно, а затем поверх скрученных изолированных жил накладывается общая – поясная изоляция. Промежутки между изолированными жилами заполняют заполнителями. Бумажная пропитанная изоляция – это многослойная изоляция из лент кабельной бумаги, наложенных в виде обмотки, и изоляционного пропиточного состава [1].



Рис. 1. Хлопчатобумажная изоляция в пазах ротора [2]

Выбор изоляции обмоток зависит от условий эксплуатации, мощности электрической установки, рабочего напряжения кабеля, сечения жил.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта по договору № 11-48/54 от 14.03.2024.

Литература

1. Изоляция кабелей – электрические сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://leg.co.ua/info/kabeli/izolyaciya-kabeley.html>. – Дата обращения: 05.03.2024.
2. Изоляция обмоток статора электродвигателей переменного тока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/2517-izolyaciya-obmotok-elektricheskikh-dvigatelay.html>. – Дата обращения: 05.03.2024.

ОСНОВНЫЕ НЕСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Студенты гр. 11301121 Адамович К. А., Купренок К. В.,
студенты гр. 11301120 Любинский К. А., Гулич А. Ю. Голубович А. И.,
студент гр. 11301122 Веселовский В. А.
Ст. преподаватель Исаев А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Развитие электроники актуализирует проблему качества, надежности и работоспособности. Применение различных электромашин, которые можно подразделить на две основных группы – электрические двигатели и трансформаторы.

Качество выделяется способностью безотказно работать при необходимых условиях эксплуатации с техническими параметрами в течение заданного диапазона времени. В связи с тем, что отказ электромашин очень часто приводит к выходу из строя всего технологического процесса, что в своем последствии наносит большой ущерб [1].

Проблемы исправности и работоспособности различных электромашин, при востребованности в мире производства имеет большое влияние, что выражается в следующих причинах [2]:

- увеличение сложности технологической системы;
- экстремальные условия, которые выходят за пределы нормы;
- интенсивность режима работы системы;
- повышение условий к качеству выполненной работы;
- автоматизация и исключение контроля человеком функционирования системы;
- междувитковое соединение в катушке полюса.

Согласно статистическим данным проведенных исследований, в электромашине были выявлены следующие причины, которые повлекли за собой отказ оборудования (рис. 1). Изменение состояния обмоток встречалось до 80 % от всех отказов, а ухудшением характеристик межвитковой изоляции до 70 % [3].

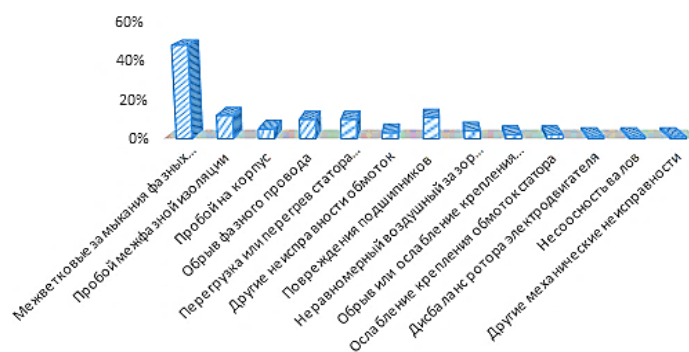


Рис. 1. Причины, приводящих к неисправному состоянию электрического оборудования

Согласно представленной информации, можно сделать вывод, что в электродвигателях, большая часть неисправностей связаны с их электрическими обмотками, и чаще всего появляются в ходе работы оборудования. Из этого следует, что основное внимание необходимо уделять контролю состояния обмоток в процессе их эксплуатации. И одним из способов контроля является постоянное или периодическое определение состояние межвитковой изоляции путем измерения ее сопротивления. Данная процедура позволяет своевременно выявить и предотвратить дефекты в обмотках на ранних стадиях.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта по договору № 11-48/54 от 14.03.2024.

Литература

1. Классификация электрических машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elektro-expo.ru/ru/articles/klassifikaciya-elektricheskikh-mashin/>. – Дата доступа: 07.03.2024.
2. Брандина, Е. П. Электрические машины / Е. П. Брандина. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 152 с.
3. Основные неисправности электрических машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bstudy.net/987344/tehnika/osnovnye_neispravnosti_elektricheskikh_mashin. – Дата доступа: 08.03.2024.

УДК 681

РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Студент гр. 11312120 Анцугай И. А.
Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Актуальность применения гаммаграфии связана с необходимостью контроля сварных соединений трубопровод в процессе эксплуатации – просвечивание через 2 стенки.

Целью работы является разработка алгоритма радиографического контроля сварных соединений трубопроводов.

В качестве источника гамма-излучения можно использовать гамма-дефектоскопы, в частности Exertus, представленный на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид гамма-дефектоскопа Exertus Dual 120

Регистрация изображения осуществляется на экранную пленку с металлофлюоресцентными экранами AGFA F8.

Методика радиографического контроля приводится в СТБ 1428-2003.

На основании выбранной методики разработан алгоритм контроля, включающий следующие основные этапы: разметка участков контроля, установка эталона чувствительности, выбор схемы просвечивания, выбор типа пленки и усиливающего экрана, установка гамма-дефектоскопа и кассеты с пленкой относительно объекта контроля, проявка пленки, расшифровка снимков, составление заключения.

Разработанный алгоритм контроля позволяет обнаруживать критические дефекты сварных соединений трубопроводов в процессе эксплуатации.

УДК 004.932

СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Афанасьева Е. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Введение. Предложенная система позволяет посредством компьютерного зрения и связанного с ним рулевого механизма изменять положение летательного аппарата (далее ЛА) в пространстве для непрерывного слежения за перемещающимся объектом. Схема системы представлена на рис. 1.

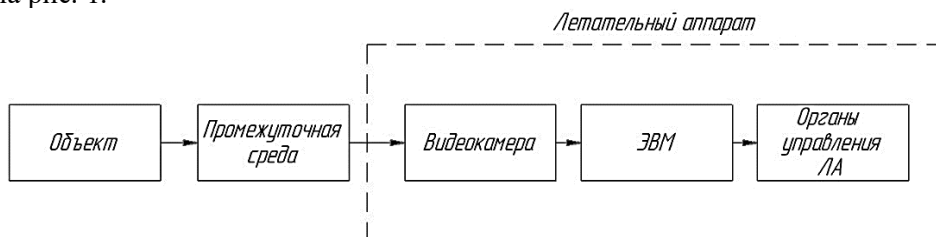


Рис. 1. Схема следящей системы

Описание работы системы. Следящая система состоит из блока обработки изображений, представляющего собой камеру инфракрасного диапазона и электронно-вычислительного устройства (далее ЭВМ), а также блока управления рулевым механизмом. Камера передает видеопоследовательность в ЭВМ, где кадры обрабатываются алгоритмами фильтрации и бинаризации. Далее происходит сегментация объекта и определение его местоположения относительно поля зрения камеры. Система стремится установить ось полета ЛА с центром координат движущегося объекта посредством рулевых механизмов. Зная пиксельные координаты объекта, определяются углы отклонения (тангаж (ϑ) и рыскание (ψ)), предоставленные в формулах ниже:

$$\vartheta = \arctg \frac{a \cdot (y - H/2)}{f'}, \quad (1)$$

где a – размер пикселя, м; y – координата объекта по вертикальной оси; H – высота получаемого кадра, пиксели; f' – фокусное расстояние оптической системы, м.

Угол рыскания рассчитывается следующим образом:

$$\psi = \arctg \frac{a(x - W/2)}{f'}, \quad (2)$$

где x – координата объекта по горизонтальной оси; W – ширина получаемого кадра, пиксели.

Заключение. Представленная в работе система подходит для непрерывного слежения за перемещающимся в любом направлении и с различной скоростью объектом и совместной с наблюдением коррекции ЛА в пространстве. Алгоритмы компьютерного зрения могут комбинироваться с другими способами обработки изображений, что делает систему как самостоятельным, так и вспомогательным инструментом в высокоточных углоизмерительных приборах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Сойфер, В. А. Методы компьютерной обработки изображений. – М.: Физмалит, 2003. – 784 с.
2. Вудс, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Вудс, Р. Гонсалес. – М.: Техно-сфера, 2005. – 1072 с.
3. Клетте, Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы: учебник. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 506 с

УДК 628.98

ПОРТАТИВНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР МЕТАНА

Студент гр. 11303122 Бабинская В. О.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современных условиях обеспечение безопасности газифицированных и производственных помещений является главной задачей. Портативные газоанализаторы метана обеспечивают надежный контроль за концентрацией метана в воздухе. Жилые помещения подвержены риску возникновения утечек метана из газовых систем отопления, плит и др. источников. Присутствие метана в воздухе влечет серьезную опасность для жизни и здоровья людей, а также приводит к возникновению пожаров и взрывов, приводящих к негативным последствиям и в окружающей среде.

Метан является легковоспламеняющимся газом, что при наличии определенной концентрации в воздухе образует взрывоопасные смеси, угнетая кислородный обмен, приводит к кислородному голоданию в организме людей. Кислород, взаимодействуя с горючими материалами, из-за повышенной концентрации приводит к серьезным последствиям, таким как пожары, взрывы в помещении. Пониженное содержания кислорода в воздухе в жилых помещениях приводит к опасности здоровья людей. [1]

Поэтому обеспечение контроля утечек таких газов необходимо для безопасных условий проживания человека. Качественной характеристикой для контроля является: предельно допустимая концентрация (ПДК) газов.

Для контроля концентрации метана и кислорода параметров используется следующий прибор: портативный газоанализатор (рис. 1).



Рис. 1. Портативный газоанализатор: *а* – кислорода, ПГК–300; *б* – кислорода ПГК–06; *в* – метана, ПГК–4

Портативным газоанализатором является устройство, легко переносимое и обычно компактное, предназначенное для мониторинга качества воздуха, обнаружения различных газов в окружающей среде, а также удобное для проведения измерений в различных местах.

Газоанализатор обычно использует датчики или сенсоры, способные обнаруживать и измерять концентрацию газов в воздухе. Для обнаружения метана, распространенным методом обнаружения является каталитический датчик, который реагирует на наличие метана, вызывая химическую реакцию на его поверхности. В результате реакции происходит изменение электрических характеристик датчика (температура, электрическая проводимость), далее прибор измеряет изменение электрических характеристик и интерпретирует их как концентрацию метана в воздухе. Датчик измерения концентрации кислорода в воздухе происходит через электрохимический датчик кислорода, который изменяет свое электрическое сопротивление в зависимости от концентрации кислорода. Прибор преобразует этот сигнал в показания концентрации кислорода.

Недостатком газоанализаторов является недостаточное количество измеряемых газов одновременно, необходимость калибровки и технического обслуживания для точности и надежности измерений.

Поэтому разработка конструкции портативных двухканальных газоанализаторов для отслеживания содержания двух газов одновременно имеет значение в бытовых условиях для повышения уровня безопасности, а также является одновременно актуальной задачей.

Литература

1. Кашкаров, А. П. Бытовые и современные счетчики газа и газоанализаторы для практического применения. / А. П. Кашкаров. – СПб: ДМК-Пресс, 2015. – 66 с.

УДК 539.21, 535.317.61-34, 548.732

УЛУЧШЕНИЕ КОНТРАСТА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СУБСТРАКЦИОННОЙ МЕТОДИКИ

Магистрант Балухо И. Н.

Кандидат физ.-мат. наук Дудчик Ю. И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.
Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

Разработана субстракционная методика получения изображения слабопоглощающих рентгеновское излучение объектов с использованием лабораторных источников рентгеновского излучения. Методика включает получение изображений объекта, при различных углах ориентации объекта к оси рентгеновского пучка, и их последующую обработку путем субстракции изображений [1]. Используя разработанную программу X-ray Vox выполнен расчет для прямоугольных пластинок из плексигласа $C_5O_2H_8$ (plexiglass), разной толщины в 100 мкм, 200 мкм и 300 мкм, с поворотом на 5 градусов. Результаты расчетов программы «X-ray vox» показаны на рисунке 1а. Результат моделирования субстракционной съемки показывает, что интенсивность изображения ΔI будет характеризоваться узкими пиками, определяющими границы объекта. Изображение ΔI приобретет участки положительные, которые соответствует светлым элементам изображения, и отрицательные – темные элементы изображения. Наличие темных и свет-

лых элементов увеличивает контраст изображения и характеризует внутреннюю и внешнюю структуру объекта.

Выполнены экспериментальные исследования реальных объектов (изображения зерен показаны на рис. 1, б и в. Рис. 1, в получен методом субстракционной съемки в рентгеновских лучах с использованием цифрового рентгеновского детектора (рентгеновской камеры) Photonic Science. Расчет контраста экспериментальных изображений выполнен по формуле, учитывающей распределение пикселей по градиациям яркости:

$$K_{GL} = \frac{2\sigma_D}{G-1} = \frac{2\sqrt{\sum_{i=1}^N (D_i - D_{cp})^2 / N}}{G-1}, \quad (1)$$

где G – максимально возможное число градаций яркости; D_i , D_{cp} – i и среднее значение яркости пикселей изображения; σ_D – стандартное отклонение яркости пикселей [2; 3].

Результаты расчета показывают увеличение контраста при использовании метода субстракционной съемки зерен с контраста 37 % до значения 62 %, что характеризует увеличение резкости и увеличение информативности рентгеновских изображений объектов.

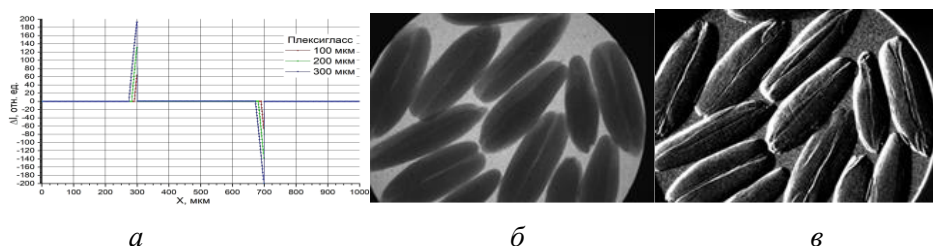


Рис. 1. Результаты исследования: а – результат моделирования субстракционной съемки в «X-ray box» для толщин 100 мкм, 200 мкм, 300 мкм; б – экспериментальных изображений зерен в рентгеновских лучах (контраст 37 %); в – субстракционное изображение зерен в рентгеновских лучах (контраст 62 %)

Улучшение контраста рентгеновских изображений объектов с помощью субстракционной методики подтверждается экспериментальными исследованиями и теоретическим расчетом.

Литература

1. Dudchik, Yu. I. Obtaining the image of objects in X-rays by stereophotography // Proceedings of the international scientific and technical conference «Instrumentation-2019». – Minsk, BNTU. – 2019. – P. 19–20.
2. Peli, E. Contrast in Complex Images // J. of the Optical Society of America. – 1990. – Vol. 10. – P. 2032–2040.
3. Кадничанский, С. А. Оценка контраста цифровых аэрофото- и космических снимков // Геодезия и картография. – 2018. – № 3. – С. 46–51.

УДК 621

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СПОРТСМЕНА ПРИ ПРЫЖКАХ В ДЛИНУ

Студент гр. 11904120 Бельский И. Н.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С использованием измерительных преобразователей в современных тренажерах достигается повышение продуктивности тренировки, достигается максимальный результат.

Целью данной работы является создание системы, включающей первичные измерительные преобразователи, для измерения перемещения спортсмена при прыжках в длину, а также обучения и совершенствования скоростно-силовых качеств.

В ходе выполнения работы были рассмотрены параметры, которые подлежат контролю. Изучены и проанализированы методы измерения физических величин.

В данной работе проведен анализ датчиков, которые можно было бы использовать для измерения перемещения спортсмена при прыжках в длину: тензодатчики, пьезоэлектрические датчики, пьезорезистивные и пьезоэлектрические акселерометры, пьезоэлектрические и пьезорезистивные датчики давления [1; 2]. Произведена сравнительная характеристика пьезопленочных, электромеханических, пьезоэлектрических, пьезорезистивных первичных

измерительных преобразователей, а также интегрально объемной и интегрально поверхностной конструкции акселерометров [3]. Анализ показал, что для измерения скорости и ускорения эффективно подходит трехосевой акселерометрический датчик СМА 3000В, основанный на измерении смещения инерционной массы относительно корпуса и преобразовании его в пропорциональный электрический сигнал [4]. Разработана функциональная схема устройства, в том числе схема преобразования измеряемой величины в электрический сигнал.

Описан принцип действия рассматриваемого устройства в статическом и динамическом режимах.

Был произведен анализ источников методических и инструментальных погрешностей разработанной схемы измерений на основе построения известной модели, предложенной для анализа погрешности МЭМС-датчиков [5].

Литература

1. Первичные преобразователи. Датчики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://automation-system.ru/main/65-regulyator/regulation-systems/15-50-pervichnye-preobrazovateli-datchiki.html>. – Дата доступа: 04.01.2024.
2. Преобразователи физических величин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://skachate.ru/fizika/17637/index.html?page=2>. – Дата доступа: 14.01.2024.
3. Компоненты и технологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2009_08_54.php. – Дата доступа: 24.01.2024.
4. Акселерометры STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compel.ru/lib/ne/2014/6/3-akselerometryi-stmicroelectronics-opredelyaya-lyuboe-dvizhenie>. – Дата доступа: 04.02.2024.
5. Особенности построения модели погрешности МЭМС-датчиков при решении навигационной задачи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2398>. – Дата доступа: 14.02.2024.

УДК 681

УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ КАДЕНСА

Студент гр. 11902120 Бережной Д. К.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день каденс является одним из основных параметров, измеряемых в беговых дисциплинах легкой атлетики. Данный показатель лучше всего измерять при помощи спортивных часов со встроенным акселерометром.

В данной работе была рассмотрена схема MEMS акселерометра, используемого для измерения каденса [1]. Функциональная схема MEMS акселерометра представлена на рис. 1.

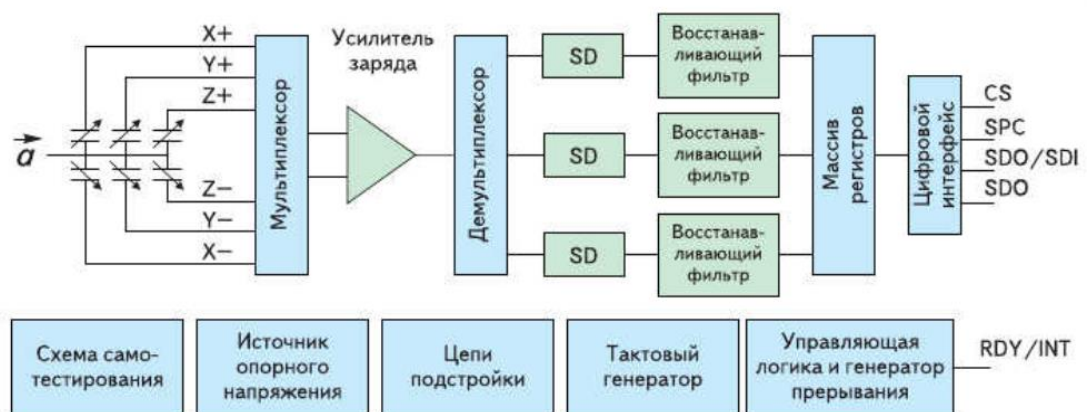


Рис. 1. Функциональная схема MEMS акселерометра

Для измерения перемещения используется емкостной метод, который является достаточно надежным и точным. Первичный измерительный преобразователь акселерометра состоит из ряда пластин, часть из которых являются стационарными, а часть – свободно перемещающимися-

ся внутри корпуса. Пластины образуют плоские конденсаторы, их емкости определяются расстояниями между пластинами. Под действием силы ускорения подвижные пластины перемещаются, и величина емкости конденсаторов соответственно изменяется. Конденсаторы являются частью резонансного контура генератора.

В основу работы акселерометра положено измерение перемещения инерционной массы относительно корпуса акселерометра, а затем его преобразование в соответствующий электрический сигнал. Управляющие электрические сигналы воздействуют на подвешенный груз, и он совершает колебания.

В состав устройства входят усилитель зарядов для усиления зарядов конденсаторов, мультиплексор и демультимплексор, восстанавливающие фильтры, сигнал с которых поступает на массив регистров и в цифровой интерфейс. Устройство содержит также схему тестирования, цепи подстройки, тактовый генератор и генератор прерывания с управляющей логикой, источник опорного напряжения.

Литература

1. MEMS датчики движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russianelectronics.ru/mems-datchiki-dvzheniya-ot-stmicroelectronics-akselometry-i-giroskopy/>. – Дата доступа: 05.01.2024.

УДК 004.932

МЕТОД КОРРЕКЦИИ СМАЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ОСНОВАННЫЙ НА ВИНЕРОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Бехлер И. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Качество изображений, полученных с камер, установленных на летательные аппараты (ЛА), зависит от внутренних параметров камеры и внешних условий. Наибольшее влияние на качество оказывают смазы, образующиеся при быстром движении или вращении ЛА во время экспозиции изображения. Для решения этой проблемы был разработан следующий метод.

Винеровская фильтрация, описанная в источнике [1], предполагает знания ядра искажения $h(x, y)$, которое можно синтезировать на основании траектории смаза. Предположим, что угловое движение тангажа и крена совершается на углы ϑ и γ относительно оси x и y изображения камеры, тогда величины сдвига пикселей L_x и L_y определяются как

$$\begin{cases} L_x = \frac{f'}{a_x} \operatorname{tg} \vartheta, & \text{при } \vartheta < \frac{\omega}{2}, \\ L_y = \frac{f'}{a_y} \operatorname{tg} \gamma, & \text{при } \gamma < \frac{\omega}{2}. \end{cases} \quad (1)$$

где f' – фокусное расстояние, м; a – размер пикселя, м; ω – угловое поле зрения камеры, град.

Также винеровская фильтрация основывается на статистических свойствах шума. В качестве шума использован гауссов шум, параметры которого выявлены экспериментально. На рис. 1 приведены гистограммы распределения шума при отсутствии освещенности камеры.

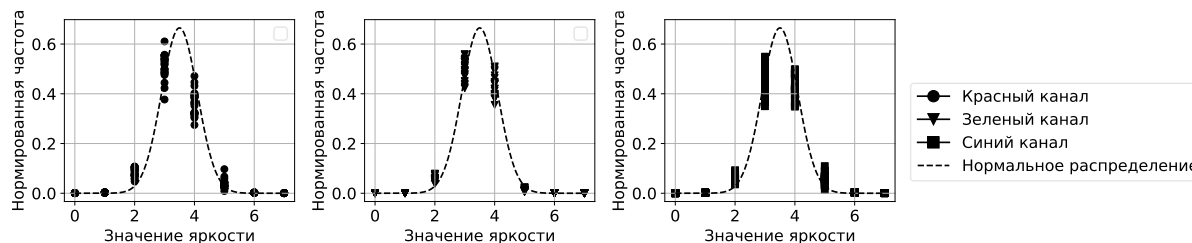


Рис. 1. Экспериментально полученные значения шума для цветного изображения

Моделирование смаза и последующая коррекция показали адекватную работу метода (рис. 2).

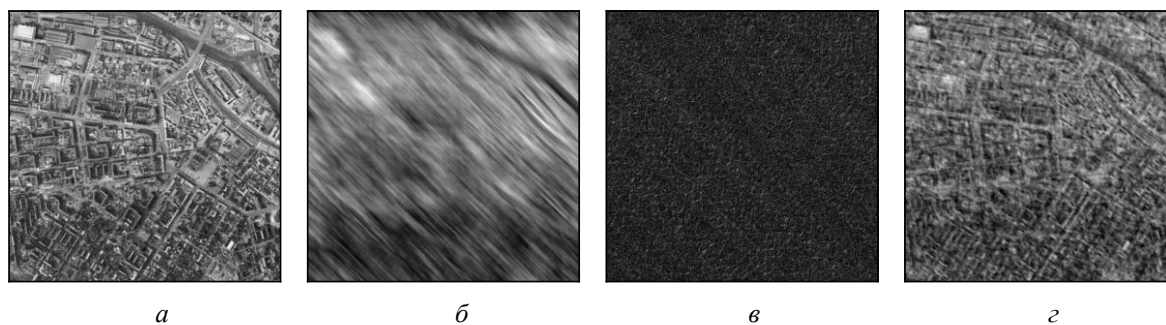


Рис. 2. Моделирование: *a* – исходное изображение; *б* – искаженное изображение ($L = 50$, $N(\mu = 3,5 \sigma = 0,65)$); *в* – инверсная фильтрация; *г* – винеровская фильтрация

Разработанный метод корректирует смазанные изображения при известных углах тангажа и крена и внутренних параметрах камеры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Издание 3-е. – Москва: Техносфера, 2012. – 1104 с.

УДК 681

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Студенты гр. 11312123 Борбат М. С., гр. 11301122 Мелюх Н. С.

Кандидат техн. наук, доцент Пантелеев К. В., д-р техн. наук, профессор Жарин А. Л.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Светодиодные осветительные приборы (СОП) – это широко применяющаяся и развивающаяся технология, основанная на полупроводниковых светодиодах. В настоящее время светодиодное освещение является одним из наиболее исследуемым направлением технологий освещения [1]. Несмотря на высокую степень эксплуатации СОП, они, как и многие другие приборы, обладают критериями различного характера, что по-разному отражается в сферах их применения. В работе, на основе литературных данных, выполнен сравнительный анализ характеристик, работоспособности и эффективности практического применения осветительных приборов на светодиодах относительно иных осветительных устройств в различных сферах их применения.

Светодиоды бывают различных типов: DIP (Direct In-line Package), LED (OLED, PLED SLED), SMD (surface mounted device), COB (Chip-On-Board) и др., в зависимости от их конструкции, мощности и сферы применения.

Основными требованиями к системам освещения на светодиодах являются:

- номинальная входная мощность;
- номинальный световой поток;
- светоотдача;
- распределение силы света;
- коэффициент светового потока;
- координаты цветности;
- цветопередача;
- допуск цвета;
- номинальная температура окружающей среды для светильников;
- критерии долговечности и др.

Основными стандартами, регламентирующими требования к характеристикам СОП для систем освещения, являются следующие международные стандарты:

- IEC 62722-1:2014. Характеристики светильника. Часть 1. Общие требования.
- IEC 62722-2-1:2014-11. Характеристики светильника Часть 2–1: Особые требования к светодиодным светильникам.

- IEC 62717:2014-12+AMD:2015. Требования к характеристикам светодиодных модулей для общего освещения.
- IEC 62778:2014. Оценка опасности синего света всех светотехнических изделий.
- IEC 13032-1:2004, IEC 13032-2 и IEC 13032-4:2015. Свет и освещение – светораспределение и световой поток.

Требования к характеристикам СОП для систем освещения напрямую связаны с требованиями на светодиодные модули. Поэтому при оценке систем светодиодного освещения также необходимо учитывать стандарт на светодиодные модули: IEC 62031:2020. Светодиодные модули для общего освещения.

Стандарт ANSI/IES LM-79-19 «Метод: оптические и электрические измерения твердотельных осветительных приборов» регламентирует методы определения и измерения основных характеристик твердотельных осветительных приборов.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта по договору № 11-48/54 от 14.03.2024.

Литература

1. LED in Global Market Overview 2023–2027. Market Overview Report – August 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.reportlinker.com/market-report/Lighting>.

УДК 621.382

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПОУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕХНИКИ В БНТУ С УЧЕТОМ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ

Студент гр. 11312123 Борбат М. С., гр. 11312120 Сороко Ю. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Тявловский А. К., д-р техн. наук, профессор Гусев О. К.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Регулярный обзор общемировых тенденций в развитии полупроводниковой техники публикуется Институтом инженеров электротехники и электроники (*IEEE*) в виде Международного плана по развитию устройств и систем (*The International Roadmap for Devices and Systems*). Согласно данным последнего выпущенного на сегодняшний день издания *IRDS* [1], за последние два десятилетия доля полупроводниковых компонентов в составе электронных устройств выросла практически вдвое, с 18,8 % в 1999 г. до 33,2 % в 2021 г. Линейное продолжение такого роста прогнозируется и в ближайшие 5 лет. К настоящему времени в мире практически прекращен выпуск механических устройств, не использующих электронную систему управления. В большинстве случаев такие системы строятся на базе микроконтроллеров, при этом для связи непосредственно с исполнительными устройствами (электроприводами), сенсорами и другими устройствами ввода-вывода информации используются специализированные микросхемы более низкой степени интеграции. Таким образом, параллельно с переходом на все более высокие технологические нормы (по оценкам ряда специалистов, до 3 нм в ближайшей перспективе) [2], в мире в целом имеет место устойчивый рост потребности в интегральных схемах низкой и средней степени интеграции, доступных для производства на оборудовании отечественных предприятий, в частности, ОАО «Интеграл» – управляющая компания холдинга «Интеграл». Еще одной тенденцией, прогнозируемой на ближайшую пятилетку, является расширение производства и создание новых типов гетерогенных структур типа «кремний-на-диэлектрике» [1]. Как для создания таких структур, так и для повышения качества производства традиционных структур на монокристаллическом кремнии, особую важность имеет контроль качества поверхности, на которой формируются приборные структуры по планарной технологии. НИЛ полупроводниковой техники БНТУ обладает необходимыми компетенциями и опытом работы по созданию средств неразрушающего контроля прецизионных поверхностей на основе методов зондовой электрометрии, соответствующие исследования и разработки в ближайшую пятилетку могут быть выполнены и для контроля новых перспективных материалов, таких как кремний-на-диэлектрике, наноструктурированный анодный оксид алюминия и др. в интересах отечественных производителей изделий микроэлектроники и сенсорики. Также, в соответствии с упомянутыми тенденциями в использовании электронных устройств для управления механиче-

скими системами и имеющимися компетенциями в следующие 5 лет в НИЛ полупроводниковой техники предполагается выполнение заданий ГНТП и хозяйственных договоров по созданию научного и научно-учебного оборудования, а также аппаратно-программных комплексов для контроля свойств материалов и изделий, основными элементами которых будут являться электронные системы управления на базе микроконтроллеров.

Литература

1. The International Roadmap for Devices and Systems: 2022 Edition Executive Summary. – IEEE: 2022. – 86 p.
2. Van den Brink M. Continued scaling in semiconductor manufacturing enabled by advances in lithography // 2019 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM). – IEEE, 2019. – С. 1.2.1–1.2.5.

УДК 681

МИКРОМЕТРЫ С ЦИФРОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ В ВИЗУАЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ

Студенты гр. 11312121 Винник К. В., Козлов А. С.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Микрометр это измерительный прибор, предназначенный для измерения линейного размера. Широко используется в визуально-измерительном контроле из-за своей низкой погрешности измерений. Цифровая индикация в современных инструментах позволяет проводить измерения с высокой точностью и скоростью за счет понижения шанса случайной погрешности

Цель: обоснование выбора микрометра с цифровой индикацией в визуально-измерительном контроле.

Пример микрометра с цифровой индикацией представлен на рис. 1.



Рис. 1. Микрометр компании MITUTOYO QuantuMike series 293

Микрометр MITUTOYO QuantuMike series 293 представляет собой профессиональный измерительный инструмент. Микрометр оснащен микрометрическими винтами с шагом 2 мм, что обеспечивает в 4 раза более быстрое перемещение по сравнению с обычными микровинтами. Благодаря крупной резьбе микровинт подается на 2 мм за 1 оборот барабана, обеспечивая быстрые измерения. Прибор обладает высокой точностью. Инструментальная погрешность составляет ± 1 мкм. Двойная функция трещотки на барабане и ускорителе обеспечивает простоту работы одной рукой или на стойке. Защита от воды и пыли (класс защиты IP65) позволяет использовать микрометр в условиях механообработки с применением СОЖ. Цифровая индикация позволяет использовать прибор в условиях недостаточной освещенности. Высокая надежность, проверенная годами на предприятиях Республики Беларусь. Микрометр предложенной фирмы включен в ГосРеестр и поверяется на территории Республики Беларусь.

Методика применения микрометров с цифровой индикацией включает следующие этапы: установка измерительного прибора на объект, считывание цифровых значений с экрана, анализ данных.

Таким образом, образец микрометра с цифровой индикацией предложенной фирмы обеспечивает высокую надежность измерений объектов контроля.

ИЗМЕРЕНИЕ УДАРНОГО ИМПУЛЬСА ПРИ НАПАДАЮЩЕМ УДАРЕ ПО МЯЧУ В ВОЛЕЙБОЛЕ

Студент гр. 11902121 Гарай В. В.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В представленной работе проведен обзор параметров, подлежащих контролю в волейболе. Одним из важнейших параметров в этом виде спорта является нападающий удар.

Выполнение нападающего удара для достижения лучшего результата можно разделить на следующие части: разбег, прыжок, нападающий удар и приземление. Каждая часть состоит из микрочастей, которые помогают достичь нужных движений и понять особенности нервно-мышечной деятельности. Таким делением можно более точно описать особенности каждого движения отдельно и улучшить технику выполнения нападающего удара.

Исходя из цели данной работы, было выявлено и проанализировано наиболее подходящее устройство для измерения ударного импульса при нападающем ударе по мячу в волейболе. Это устройство должно позволять производить измерения и контролировать целый ряд параметров ударного импульса таких, как амплитуда, длительность, скорость нарастания и скорость спада и другие) по трем взаимно перпендикулярным осям непосредственно в зоне действия удара [1]. Схема преобразования сигнала рассматриваемого устройства приведена на рис. 1.

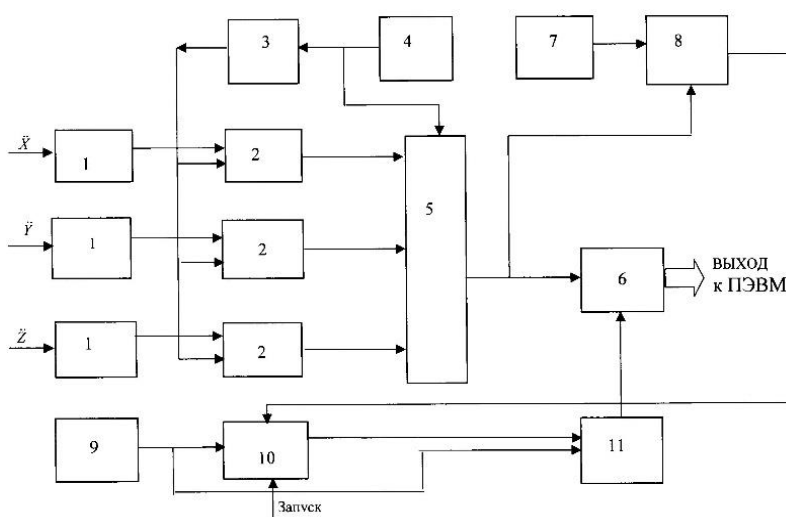


Рис. 1. Схема устройства для контроля параметров ударного импульса: 1 – пьезоэлектрические преобразователи; 2 – усилители электрического заряда; 3 – усилитель тока; 4 – источник опорного напряжения; 5 – восьмиразрядный высокоскоростной аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 6 – блок памяти; 7 – генератор сигналов; 8 – устройство управления; 9 – автономный источник постоянного питания; 10 – преобразователь напряжения; 11 – переключатель напряжения

В схеме устройства используются такие пьезоэлектрические преобразователи как акселерометры типа АП, а также аккумуляторы НЛЦ-0,9, диоды 2Д803АС9. Для усиления сигналов используются операционные усилители типа AD822, в качестве источника опорного напряжения – AD680, для преобразования аналогового сигнала в выходной цифровой – АЦП AD7825. Для хранения данных результатов измерений применяется блок памяти М5 М5408 АРР.

В работе описан принцип действия данного устройства. Проанализированы источники методических и инструментальных погрешностей схемы.

Литература

1. Устройство для измерения параметров ударного импульса. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2237903C1_20041010 – Дата доступа: 08.02.2024.

УДК 629.783

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ АКТИВНЫХ СПУТНИКОВ

Студент Глеба Е. М., аспирант Баранова В. С.

Кандидат физ.-мат. наук Спиридонов А. А., д-р физ.-мат. наук Ушаков Д. В.,

д-р физ.-мат. наук Саечников В. А.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Космическая погода представляет собой комплекс явлений, происходящих в околоземном космическом пространстве, которые могут влиять на работу спутников. К ним относятся: солнечные вспышки, выбросы корональной массы, геомагнитные бури и радиационные пояса. Влияние космической погоды может проявляться в виде аномалий телеметрии, сбоев в работе бортовых систем и даже полной потери спутника [1].

В этой работе предлагается комплексный подход к оценке влияния космической погоды на бортовые системы активных спутников. Подход основан на: **анализе данных телеметрии** – с помощью сети наземных станций SatNOGS можно получать данные телеметрии с различных спутников; **модели машинного обучения** – модель Polaris ML использует алгоритм XGBoost для анализа взаимосвязей между параметрами телеметрии. XGBoost реализует Метод Ньютона-Рафсона в пространстве функций, в отличие от градиентного бустинга, который работает как градиентный спуск в пространстве функций, в функции потерь используется ряд Тейлора второго порядка для связи с методом Ньютона-Рафсона [2].

На рис. 1, *а* представлен результат корреляционного анализа количества перезагрузок основного процессора спутника GRIFEX от следующих индексов солнечной активности за период 03.03.2016–22.02.2024: среднемесячные значения пятен S.I.D.C., SWPC/SWO и f10.7 см радиоизлучение. Пример визуализации оценки взаимосвязей и влияния одного телеметрического параметра на другой показан на рис. 1, *б* в виде 3D-графа связности.

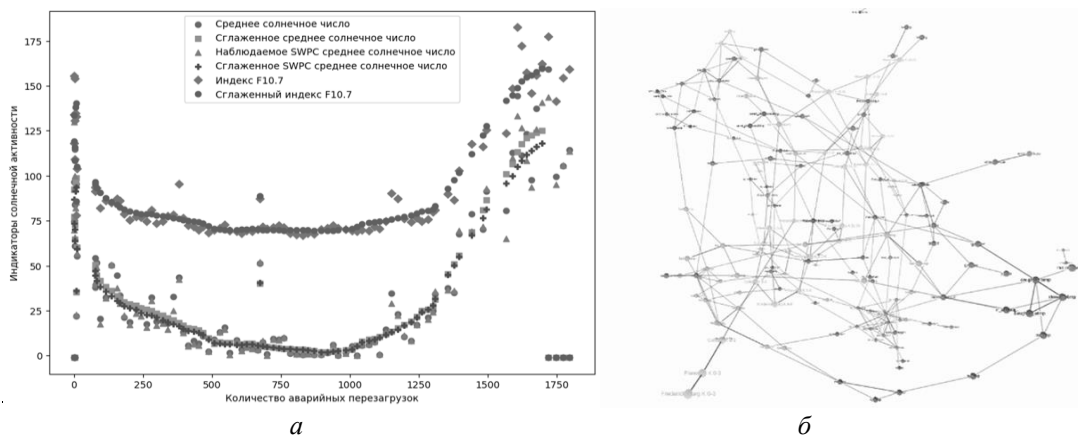


Рис. 1. Результаты измерений и пример графа: *а* – корреляция количества принудительных перезагрузок с набором параметров активности Солнца для спутника GRIFEX; *б* – пример графа, построенного для спутника GRIFEX

Литература

1. Green, J. C. Impact of space weather on the satellite industry / J. C. Green, J. Likar, Shprints Yuri // *Advancing Earth and space science*. – 2017. – № 15. – С. 804–818.
2. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://xgboost.readthedocs.io/en/latest/>. – Дата доступа: 07.03.2024.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСВЕЩЕНИЯ

Студент Гриц М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для обеспечения качественного освещения на рабочем месте необходимо учитывать его качественные характеристики – освещенность, яркость и коэффициент пульсаций.

Исследования воздействия пульсирующего света на организм человека показали, что мозг человек воспринимает пульсации света, частотой до 300 Гц. В ходе проведения тех же экспериментов было установлено, что при уровне пульсаций света 5–8 % уже возникают признаки расстройства нормальной электрической активности мозга, а пульсации, глубиной 20 %, вызывают такой же уровень расстройств нормальной активности мозга, как и пульсации освещенности с глубиной 100 %. Также была определена критическая частота пульсаций света 300 Гц, выше которой человеческий организм воспринимает пульсирующий свет как постоянный.

При длительном воздействии пульсации освещенности могут приводить уже к хроническим заболеваниям не только органов зрения, но и сердечно-сосудистой и нервной системы.

Поэтому контроль качественных характеристик освещения необходим обеспечения оптимальных условий для труда и отдыха человека. Качественными характеристиками естественного и искусственного освещения в помещениях являются следующие характеристики: освещенность, коэффициент пульсаций и яркость.

В настоящее время для контроля качественных параметров освещения применяются люксметры, пульсометры и яркомеры.

Основным недостатком данных приборов является то, что для определения качественных характеристик освещения необходимо применять отдельные устройства.

Целью данной работы является разработка схемотехнической части конструкции универсального комбинированного прибора для измерения и контроля качественных характеристик освещения одновременно.

Сложность поставленной задачи заключается в том, что определение качественных характеристик освещения выполняется в соответствии с существующей методикой измерений.

Разработан алгоритм работы комбинированного прибора для измерения и контроля качественных характеристик освещения, который предусматривает одновременное измерение величины освещенности объекта, яркости освещения и расчет коэффициента пульсации.

В соответствии с алгоритмом работы разработаны функциональная схема и принципиальная электрическая схемы разрабатываемого прибора (рис. 1). При выборе типа микроконтроллера установлено, что оптимальным является применение микроконтроллера ATmega8-16PU, 8-Бит, AVR, 16 МГц.

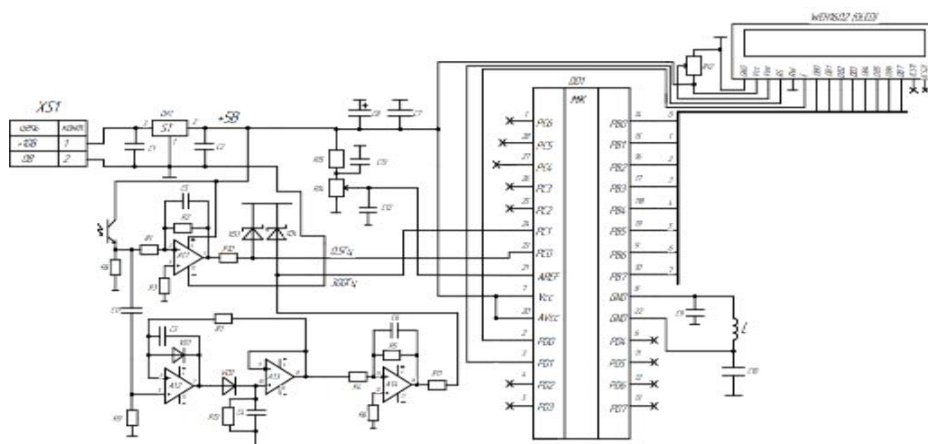


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема комбинированного прибора

Электрический сигнал, вырабатываемый датчиком освещения при помощи ФНЧ1, сглаживается до частоты 0,5 Гц. Через ПК фиксируются пики напряжения и далее через ФНЧ2 сигнал $U_{ср}$ сглаживается до частоты 300 Гц. Значения напряжений $U_{макс}$, $U_{ср}$ и $U_{оп}$ преобразуются в цифровой вид и присваиваются переменным l_1 , l_2 , l_3 соответственно. Происходит вычисление коэффициента пульсаций $k = l_1/(2l_2) \cdot 100$ измеряемого в процентах и уровня освещенности $o = l_2l_3$ измеряемого в люксах. Конечные вычисленные значения коэффициента пульсаций и освещенности отображаются на OLED дисплее.

Таким образом, в результате проведенных исследований была разработана схемотехническая часть комбинированного прибора для контроля качественных характеристик освещения.

УДК 006.91.004

ОРТОГОНАЛЬНЫЙ ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РОБАСТНОСТИ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ЦВЕТА В ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДАХ

Студент гр. 11312114 Гурбан В. В.¹

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е. Н.²

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Робастность, определенная в [1] как способность методики испытаний давать результаты анализа с приемлемой прецизионностью и правильностью при небольших умышленных изменениях параметров методики испытаний, является одной из валидационных характеристик методов колориметрии цифровых изображений, позволяющая оценить их устойчивость к воздействиям внутренних и внешних факторов изменчивости. Принимая за основу идеологию стандарта ГОСТ Р ИСО 16336-2020, предлагается использовать ортогональный план «робастность-чувствительность», включающий двенадцать этапов: начиная от определения идеальной функции системы; выбора фактора сигнала и его диапазона, и заканчивая проведением эксперимента, вычислением отношения S/N и чувствительности S ; построением диаграмм эффектов факторов для отношения S/N и чувствительности, выбором оптимальных условий с оценкой повышения робастности по приросту, проведением проверочного эксперимента с контролем прироста и показателя «воспроизводимость». Типовая структура плана представлена в виде табл. 1.

Таблица 1 – Матрица состояний внешних и внутренних факторов изменчивости

F_{ij}	Внешний фактор F	Внутренний фактор M				Чувствительность S_j	Отношение S/N η_i
		M_1	M_2	M_3	M_m		
F_1	«Осветитель»	$F_1 \times M_1$	$F_1 \times M_2$	$F_1 \times M_3$	$F_1 \times M_m$	$tg\alpha_1$	η_1
F_{11}	Источник А	$F_{11} \times M_1$	$F_{11} \times M_2$	$F_{11} \times M_3$	$F_{11} \times M_m$	$tg\alpha_{11}$	η_{11}
F_{12}	Источник D65	$F_{12} \times M_1$	$F_{12} \times M_2$	$F_{12} \times M_3$	$F_{12} \times M_m$	$tg\alpha_{12}$	η_{12}
F_{13}	Тусклая среда	$F_{13} \times M_1$	$F_{13} \times M_2$	$F_{13} \times M_3$	$F_{13} \times M_m$	$tg\alpha_{13}$	η_{13}
F_2	«Расстояние»	$F_2 \times M_1$	$F_2 \times M_2$	$F_2 \times M_3$	$F_2 \times M_m$	$tg\alpha_2$	η_2
F_{21}	Расстояние 1	$F_{21} \times M_1$	$F_{21} \times M_2$	$F_{21} \times M_3$	$F_{21} \times M_m$	$tg\alpha_{21}$	η_{21}
F_{22}	Расстояние 2	$F_{22} \times M_1$	$F_{22} \times M_2$	$F_{22} \times M_3$	$F_{22} \times M_m$	$tg\alpha_{22}$	η_{22}
F_{23}	F1 «Осветитель»	$F_{23} \times M_1$	$F_{23} \times M_2$	$F_{23} \times M_3$	$F_{23} \times M_m$	$tg\alpha_{23}$	η_{23}
F_3	«Угол наблюдения»	$F_3 \times M_1$	$F_3 \times M_2$	$F_3 \times M_3$	$F_3 \times M_m$	$tg\alpha_3$	η_3
F_{31}	0/45°	$F_{31} \times M_1$	$F_{31} \times M_2$	$F_{31} \times M_3$	$F_{31} \times M_m$	$tg\alpha_{31}$	η_{31}
F_{32}	45°/0	$F_{32} \times M_1$	$F_{32} \times M_2$	$F_{32} \times M_3$	$F_{32} \times M_m$	$tg\alpha_{32}$	η_{32}
F_{33}	произвольный	$F_{33} \times M_1$	$F_{33} \times M_2$	$F_{33} \times M_3$	$F_{33} \times M_m$	$tg\alpha_{3m}$	η_{3m}

Внешние факторы изменчивости – условия освещения – стандартные источники света типа А и D₆₅, «рабочие» условия. Внутренние факторы – «время экспозиции», «область усреднения пикселей», «точечная оценка», «модель наблюдателя», «формат данных». В качестве информативных параметров рекомендуется брать значения интенсивности цвета (R, G, B) в цветовом канале цифрового изображения, дисперсию, чувствительность, отношение S/N . В качестве критериев робастности можно использовать пределы повторяемости, воспроизводимости, стандартные отклонения критических разностей, доверительные интервалы. Под чувствительно-

стью понимается угол наклона функциональной зависимости функции зависимости интенсивности цвета от времени экспозиции или от опорной яркости образца сравнения.

Литература

1. Руководство Eurachem «Пригодность применения. Руководство для лабораторий по валидации методов и смежным вопросам» / под ред. Б. Магнуссоната, У. Эрнемарка: перевод второго издания 2014 г. – К.: ООО «Юрка Любченка», 2016 – 96 с.

УДК 681

МАГНИТОПОРОШКОВЫЙ КОНТРОЛЬ СОСУДОВ РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Студент гр. 11312120 Докутович В. А.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Магнитопорошковая дефектоскопия является простым и экономичным методом диагностики сосудов под давлением, изготовленных из ферромагнитных материалов. Для намагничивания контролируемых участков стенок и днищ сосудов используется устройство, намагничивающее УН-К.

Устройство УН-К является переносным и энергонезависимым. Это делает его незаменимым в случае проведения диагностики сплошности изделия в полевых условиях, либо в ситуации, когда подвод электрической энергии технически невозможен или запрещен правилами безопасности.

Конструктивно устройство УН-К представляет собой два постоянных магнита, каждый из которых размещается в специальном блоке из немагнитного материала. Блоки соединены друг с другом при помощи гибкого магнитопровода. Контроль сплошности осуществляется посредством намагничивания изделия путем приложения устройства УН-К.

Цель научно-исследовательской работы является разработать алгоритм магнитопорошкового контроля сосудов под давлением с использованием УН-К.



Рис. 1. Намагничивающее устройство УН-К

Основными этапами контроля являются: Подготовка поверхности, подготовка магнитной суспензии (Диагма-1200) и оборудования, намагничивание участка и выявление дефектов на нем, обработка поверхности от остатков порошка на ней.

Использование такого алгоритма контроля обеспечивает выявление дефектов до 2,5 мм.

УДК 629.052

СОСТАВ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ НАЗЕМНОГО ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Студент гр. 140830/01 (магистрант) Дородных А. А.

Кандидат техн. наук, доцент Лихошерст В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Наиболее перспективными разработками в современное время являются многоразовые беспилотные наземные подвижные объекты (БНПО), предназначенные для решения широкого круга задач, например, доставка посылок в городе. Передвижение БНПО возможно реализовать с помощью гусеничного или колесного шасси, в зависимости от типа местности.

При этом целесообразным является обеспечение БНПО системой, которая позволит обеспечить контроль за передвижением (система навигации). Такой системой может служить спутниковая навигационная системы (СНС) [2], при помощи которой возможно определить местоположение нашего БНПО с высокой точностью. В условиях плотной городской застройки и погодных

условий, возможны потери сигнала СНС, либо и вовсе его отсутствие в течении длительного времени. Таким образом, необходима система позволяющая вычислять местоположение при отсутствии сигнала СНС. Использование инерциальной навигационной системы [1] нецелесообразно ввиду существенной стоимости и необходимости начальной выставки. Альтернативой является вычисление пути по информации от одометрических датчиков, с последующим вычислением географических координат на основе информации о направлении движения и пройденном пути.

Одометр – это прибор, который показывает пробег транспортного средства [3] – пройденный путь. Принцип работы основан на подсчете сделанных колесами оборотов. Измеряя текущие углы ведущих колес возможно определение направления движения. На основании показаний одометра возможен расчет расхода емкости аккумулятора БНПО и прогноз времени функционирования на данном источнике энергии.

Существуют различные виды одометров [3]:

- механический;
- электронно-механический;
- электронный.

Механический одометр позволяет получать информацию о пути только зрительно, т. е. не подходит для построения системы БНПО.

Электронно-механический одометр совмещает в себе электронный и механический типы. Такие одометры имеют погрешность в пределах 2–5 %, т. к. фиксируются обороты колеса транспортного средства с механическим приводом, сведения принимаются датчиками, а после корректировки выводятся на экран.

Электронный одометр является наиболее перспективным типом счетчика обладает точностью до 98–99 %. Электронные одометры выдают информацию в цифровом виде, что позволяет использовать ее в бортовом вычислителе БНПО. Таким образом, дальнейшим направлением работы является разработка алгоритмов перехода с навигации по СНС на вычисление местоположения по одометрической системе. Математическое и экспериментальное исследование достижимых точностей вычисления координат.

Литература

1. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Б. С. Алешин [и др.]; под ред. Б. С. Алешин, К. К. Веремеенко, А. И. Черноморского. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 424 с.
2. Патент RU2649628C1. Система точной навигации подвижных объектов с использованием данных наземной инфраструктуры ГЛОНАСС / Чернявец В. В. – Оpubл. 04.04.2018.
3. Автомобильный одометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://perevozka24.ru/pages/avtomobilnyy-odometr>.

УДК 531.383

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Дубинина Е. Б.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Анализ погрешностей ИНС базируется на решении уравнений ошибок, представляющих собой линеаризованные уравнения первого приближения относительно возмущений, действующих на систему. В общем случае модель ошибок ИНС представляет собой неоднородные линейные обыкновенные дифференциальные уравнения девятого порядка с переменными коэффициентами.

Приближенно ошибки выработки навигационных параметров для северного канала ИНС описываются следующей системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} \dot{\beta} &= -\frac{\Delta V_{Xg}}{R} + \varepsilon; \\ \Delta \dot{V}_{Xg} &= g\beta + \Delta a; \\ \Delta \dot{\phi} &= \frac{\Delta V_{Xg}}{R}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\Delta\varphi$, ΔV_{Xg} , β – ошибки определения координаты, скорости и вертикали соответственно; ϵ , $\Delta\alpha$ – погрешности гироскопа и акселерометра соответственно; g – ускорение силы тяжести; R – радиус Земли.

Ошибка в пройденном расстоянии ΔS с ошибкой в определении широты связана соотношением

$$\Delta S = \Delta\varphi R \quad [\text{м}]. \quad (2)$$

Блок-схема формирования погрешностей представлена на рис. 1.

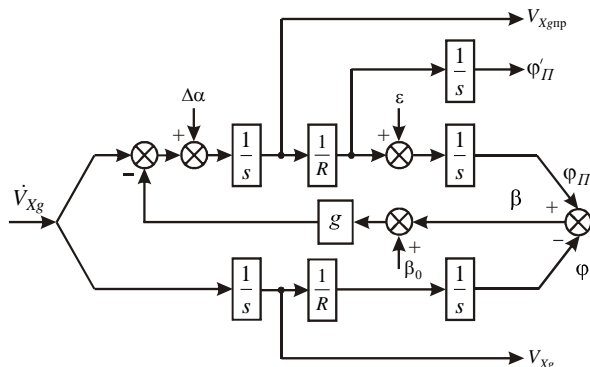


Рис. 1. Блок-схема формирования погрешностей ИНС

УДК 531.383

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ РЕЗОНАТОРОМ

Студент гр. 120401, лаборант-исследователь ЛИДПИ, СОиН Дулуб Я. В.

Ст. научный сотрудник Лихошерст В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) представляет собой инерциальный датчик, который состоит из чувствительного элемента (резонатора) и блока электроники, который определяет, в каком из двух режимов будет работать гироскоп: датчик угла (ВТГ-ИГ) или датчик угловой скорости (ВТГ-ДУС). Принцип работы основан на эффекте дрейфа стоячей волны, возбуждаемой в кромке резонатора, в следствие воздействия на гироскоп угловой скорости. Режим работы ВТГ определяется вариантом управления колебаниями резонатора (волновой картиной), так для реализации ВТГ-ДУС необходимо препятствовать движению волны. При этом амплитуда и фаза колебаний, компенсирующих движение волны, будут пропорциональны действующей угловой скорости.

Предложенный в статье [1] способ построения контура компенсации движения волны для ВТГ-ДУС на основе скоростной отрицательной обратной связи (ООС), был реализован на макетном образце и дополнен блоком синхронной демодуляции сигнала. Исследование макета вывило существенное влияние высокочастотной составляющей на выходной сигнал ВТГ. Реализация контра ООС была переработана в части подавления высокочастотных гармоник. Причиной появления гармоник высоких частот в сигнале является то, что возбуждение колебаний осуществляется импульсами прямоугольной формы.

Результаты исследования доработанного контура приведены на рис. 1, где оранжевый график – сигнал узлов, а синий – сигнал пучности.

Как видно из рис. 1, амплитуда и время переходного процесса в узлах существенно сократились, ввиду чего следует заключение о работоспособности предложенного способа реализации контура компенсации движения волны. Падение амплитуды в пучностях уменьшилось, однако время выхода на нормальный режим работы не изменилось. Из этого следует, что необходимо также разработать контур поддержания амплитуды в пучностях.

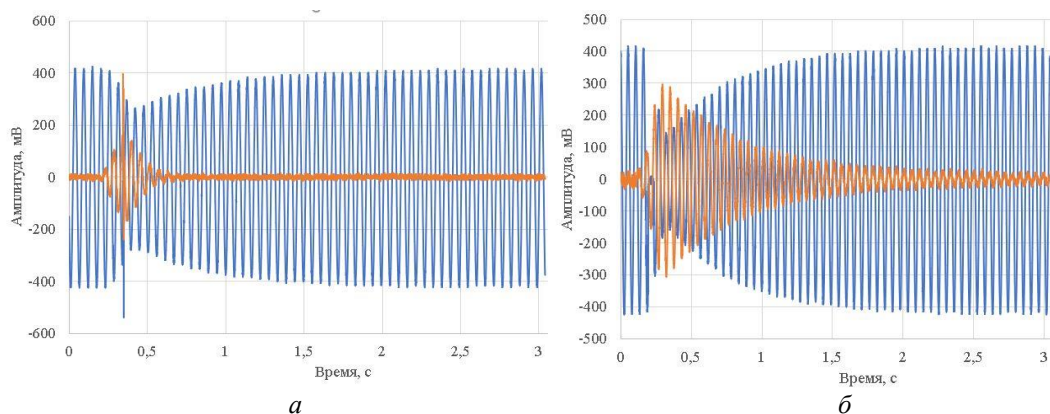


Рис. 1. Осциллограммы результатов практического исследования:
 а – без ООС; б – с доработанной ООС

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Дулуб, Я. В. Волновой твердотельный гироскоп в режиме датчика угловой скорости / Я. В. Дулуб, А. В. Каликанов // Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции «Наука молодых – будущее России». – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2023. – С. 47–52.

УДК 621.3

АНАЛИЗАТОР ЖИДКОСТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ pH

Студент гр. 31303120 Жарко А. В.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Анализатор жидкости для изменения pH (pH-метр) – прибор для измерения водородного показателя (показателя pH), характеризующего активность ионов водорода в растворах, воде, пищевой продукции и сырье, объектах окружающей среды и производственных системах непрерывного контроля технологических процессов, в том числе в агрессивных средах.

Общее описание устройства и его компонентов.

Электроды. Электроды являются ключевым элементом pH-метра. Обычно pH-метр имеет два электрода – рабочий (стеклянный) и опорный. Рабочий электрод контактирует с образцом жидкости, а опорный электрод обеспечивает стабильность и точность производимых измерений.

Электронный блок. Это электронная часть pH-метра, которая содержит датчики, усилители, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и другие компоненты, необходимые для проведения измерения с заданной точностью и усиления, и электронной обработки измерительного сигнала.

Дисплей. pH-метр обычно имеет цифровой дисплей, на котором отображается измеренное значение pH. Это позволяет оператору легко воспринимать результаты измерений.

Кнопки управления. Кнопки управления позволяют пользователю включать и выключать прибор, выполнять калибровку, выбирать режимы измерения и т. д.

Источник питания. Большинство pH-метров работают от встроенных аккумуляторов или от сети переменного тока. Некоторые модели также могут работать от батарей.

Разъемы и порты. pH-метры могут иметь различные порты и разъемы для подключения к компьютеру, принтеру или другим электронным устройствам для записи или анализа и обработки данных.

В целом же, электронный pH-метр представляет собой компактное устройство, обычно имеющее прочный корпус, который защищает внутренние компоненты от воздействия влаги и других внешних факторов. Он прост в использовании и обеспечивает точные и надежные измерения pH.

Измерение pH основано на принципе определения концентрации водородных ионов (H^+) в растворе. Отношение концентрации ионов водорода к воде (H_2O) определяет характеристику кислотности или щелочности раствора.

В данной работе представлен анализатор жидкости для измерения уровня рН, диапазон измерения уровня рН которого находится в пределах от 0 до 14.

Шкала рН-метра имеет цену деления 0,1 рН.

Точность измерений составляет $\pm 0,1$ рН.

Анализатор жидкости работает при температуре от 0 до 50 °С.

Для калибровки прибора в комплекте поставляется специальная отвертка.

Электроды являются чувствительными элементами устройства.

Усилительно-согласующее устройство предназначено для усиления сигнала и приведению его к формату измерения АЦП микроконтроллера.

Микроконтроллер измеряет значение сигнала, посредством АЦП преобразует его в значения рН в диапазоне от 0 до 14.

Интерфейс USB предназначен для изменения настроек представленного анализатора жидкости, например при его отладке.

Индикатор предназначен для отображения информации, получаемой с данного устройства, а именно значения рН.

УДК 681

ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕРАВНОВЕСНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Магистранты гр. 61315023 Забогонский К. А., Париза И. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шадурская Л. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В реальном полупроводнике присутствуют различные примеси и дефекты с широким спектром энергетических уровней в запрещенной зоне полупроводника, существенно влияющих на время жизни неравновесных носителей заряда τ_p и τ_n . Данная работа посвящена методике расчета τ_p и τ_n итерационным методом в случае произвольного числа центров рекомбинации и созданию программного обеспечения для решения данной задачи.

Процессы стационарной рекомбинации неравновесных носителей заряда (ННЗ) в случае произвольного количества дефектов описывается системой уравнений:

$$\sum_{i=1}^K (R_{ni} + \Delta R_{ni}) = \sum_{i=1}^K (R_{pi} + \Delta R_{pi}), \quad (1)$$

где R_{ni} , R_{pi} – скорости рекомбинации электронов и дырок на i -том энергетическом уровне в отсутствие других уравнений; ΔR_{ni} и ΔR_{pi} – изменение скорости рекомбинации электронов и дырок на i -том центре, связанное с существованием других дефектов. Уравнение (1) аналитически не решается.

Неравновесная стационарная функция распределения i -го уровня f_i зависит от функций распределения других j -ых дефектов, а вероятности заполнения этих уровней, в свою очередь, зависят от наличия дефекта с i -тым уровнем, следовательно возбуждение P_i не только определяет f_i , но и само зависит от f_i . Поэтому P_i можно назвать самосогласованным.

Внешнее самосогласованное возбуждение можно представить в виде:

$$P_i = \sum_{j \neq i}^{K-1} N_j (f_j - f_{j0}), \quad (2)$$

где P_i определяет изменения концентрации неравновесных носителей заряда Δn и Δp за счет наличия всех дефектов, кроме дефекта с i -тым уровнем; N_j – концентрация дефектов с уровнем j , f_j – неравновесное стационарное уравнение заполнения j -го уровня, f_{j0} – равновесная функция заполнения j -го уровня.

Введение внешнего самосогласованного возбуждения P_i дает возможность перейти к рассмотрению системы независимых центров и систему кинетических уравнений, описывающих рекомбинационные процессы представить в виде:

$$U_{ni} = U_{pi}, i = 1, 2, 3, \dots K. \quad (3)$$

Тогда уравнение (3) примет вид:

$$\gamma_{ni}[(1 - f_i)(n_0 + \Delta n + P_i) - f_i n_{1i}] = \gamma_{pi}[(p_0 + \Delta n + N(f_i - f_{i0}) + P_i) - (1 - f_i)p_{1i}], \quad (4)$$

где n_1, p_1 – приведенные плотности состояний в C - и V -зонах соответственно; γ_n, γ_p – коэффициенты захвата электронов и дырок на центр соответственно; n_0, p_0 – равновесные концентрации свободных электронов и дырок.

В качестве нулевого приближения выберем $f_j^{(0)}$ для случая когда центры не влияют друг на друга [1].

Подставляя $P_i^{(0)}$ в уравнение (4) находим неравновесную стационарную функцию заполнения i -го дефекта в первом приближении $f_i^{(1)}$ и затем из уравнения (4) определяем $P_i^{(1)}$ и т. д. Эта процедура повторяется до тех пор, пока $(n + 1)$ приближение не совпадает с n -тым в пределах заданной точности.

Литература

1. Шадурская, Л. И. Влияние уровня возбуждения на процессы безызлучательной рекомбинации на точечных дефектах структуры / Л. И. Шадурская, В. Б. Яржембицкий // Труды 29 междунаrodn. коллокви. – Ильменау (ГДР). – 1984. Ч. 2. – NB2. – С. 118–122.

УДК 629.78

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Студенты Казеко Д. Н., Васильцов К. А., ассистент Баранова В. С.,
Кандидат физ.-мат. наук, Спиридонов А. А., д-р физ.-мат. наук Саечников В. А.
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В данной работе было произведено моделирование построения низкоорбитальной группировки малых космических аппаратов (МКА) с целью обеспечения обслуживания регионов европейской части Российской Федерации и Республики Беларусь, а также расчет координат расположения минимального количества наземных станций приема (НСП), которое необходимо для сокращения разрыва между интервалами радиовидимости спутников группировки до 15 мин. Для тестирования программной модели использована орбита студенческого спутника BSUSAT-1 как опорная орбита для создания группировки, с наклоном орбиты $97,4^\circ$ и высотой орбиты 500 км. МКА группировки расположены в пяти орбитальных плоскостях, смещенных по долготе восходящего узла на 72° , и по три спутника на каждой орбите с разнесением по средней аномалии на 120° . Задачи управления группировкой МКА решают 4 НСП, расположенные в городах Минск, Гродно, Калуга и Самара. В качестве базовой конфигурации НСП выбрана наземная станция факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ.

Представлены результаты моделирования динамики движения группировки МКА, их интервалов радиовидимости для заданных НСП с углом места более 5 градусов. Интервалы видимости спутников группировки для каждой НСП представлены на рис. 1.

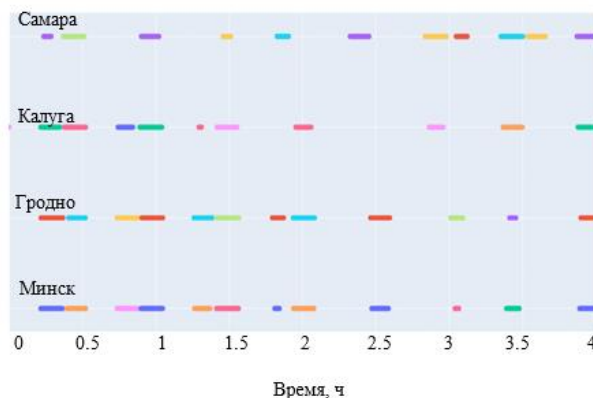


Рис. 1. Интервалы видимости спутников группировки для каждой НСП за 4 часа

Таблица 1 – Сравнение временных интервалов для сеансов управления и приема одной станции Минск и сети НСП за сутки

	Станция г. Минск	Сеть станций
Максимальное время отсутствия радиосвязи	47 мин 54 с	14 мин 36 с
Среднее время отсутствия радиосвязи	13 мин 7 с	7 мин 46 с
Полное время радиосвязи	8 ч 29 мин	13 ч 14 мин
Среднее время радиосвязи	7 мин 12 с	9 мин 35 с
Максимальное время радиосвязи	18 мин 34 с	19 мин 12 с

Использование одной НСП для управления группировкой МКА не обеспечивает требуемого времени между интервалами радиовидимости спутников группировки не более 15 мин, как видно из табл. 1 для работы только одной НСП Минск (максимальное время отсутствия радиосвязи 47 мин 54 с). Использование конфигурации сети из 4 разнесенных по долготе НСП (Минск, Гродно, Калуга, Самара) позволяет сократить максимальное время отсутствия радиосвязи до 14 мин 36 с. Предложенная конфигурации сети НСП позволит эффективно решать задачу определения орбитальных параметров спутников группировки за счет проведения совместных доплеровских или оптических измерений сетью разнесенных НСП с достаточной базой. Результаты моделирования предложенных топологии группировки из 15 МКА и конфигурации сети НСП позволяют эффективно решать задачи по управлению группировкой, обеспечивая максимальный разрыв между интервалами радиовидимости спутников группировки не более 15 мин.

Литература

1. The regional nanosatellite constellation modelling formation by a piggyback launch from different spaceports / A. A. Spiridonov [et al.] // Journal of the Belarusian State University. Physics. – 2022. – № 2. – P. 50–59.

УДК 531.383

СИСТЕМА КУРСА И ВЕРТИКАЛИ НА БАЗЕ ДАТЧИКОВ МИКРОСИСТЕМНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Мл. научные сотрудники ЛИДПИ, СОиН Каликанов А. В. и Бехлер И. А.
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Перспективы современного приборостроения связаны с разработкой инерциальных датчиков микросистемного исполнения (микромеханических гироскопов (ММГ), микромеханических акселерометров (ММА), микромеханических магнитометров (ММА)), которые являются микроэлектромеханической системой, объединяющей функциональные части с различными принципами физического действия: электромеханическую (чувствительный элемент) и электронную части [1]. Интеграция функциональных частей может происходить по-разному. В зависимости от технологии изготовления датчиков все части могут изготавливаться в едином технологическом процессе или каждая по отдельности с использованием разных процессов [2].

В работе предлагается вариант создания системы курса и вертикали на микромеханических гироскопах, акселерометрах и магнитометрах для гражданского беспилотного летательного аппарата (рис. 1).

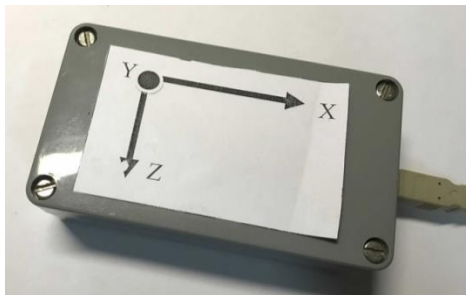


Рис. 1. Система курса и вертикали на базе датчиков микросистемного исполнения

Система предназначена для определения пилотажно-навигационных параметров (курса, тангажа и крена) и передачи их потребителям в цифровом виде. Показано, что повышение точности системы достигается за счет комплексирования показаний датчиков, что позволяет снизить шумовую составляющую и погрешности. Проведено математическое моделирование наиболее известных схем комплексирования на базе комплементарных фильтров, таких как фильтр Калмана и фильтр Маджвика. По результатам моделирования установлено, что фильтр Маджвика показывает наиболее лучший результат, поэтому он является оптимальным для применения в созданной системе курса и вертикали, что подтверждено экспериментально на разработанном макетном образце.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Каликанов, А. В. Аналитический обзор систем ориентации и навигации малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / А. В. Каликанов // Техника XXI века глазами молодых ученых и специалистов. – 2018. – № 17. – С. 57–63.

2. Matveev, V. V. MEMS-based devices and systems for orientation, stabilization and navigation / V. V. Matveev, V. Y. Raspopov // 2017 24th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2017 – Proceedings: 24, Saint Petersburg, 29–31 мая 2017 года. – Saint Petersburg, 2017. – P. 7995644.

УДК 388.45

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ И УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ

Студент гр. 11312120 Коваленко Н. Д.

Ст. преподаватель Третьякова Е. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В условиях постоянной динамики рынка и увеличивающейся конкуренции, вопрос повышения эффективности производства становится актуальным для предприятий различных отраслей. Оптимизация производственных процессов и рациональное управление ресурсами становятся ключевыми стратегиями для достижения высокой производительности и устойчивого развития.

Процессная реинжиниринг – это системный подход к пересмотру и перестройке основных бизнес-процессов с целью улучшения их эффективности. Путем устранения избыточных шагов и оптимизации последовательности действий предприятия могут добиться более быстрого выполнения задач и снижения издержек.

Инновации, внедренные в производственные процессы, могут драматически улучшить эффективность. Использование современных технологий, автоматизация и внедрение цифровых решений позволяют сократить время на выполнение операций, снизить вероятность ошибок и повысить общую производительность.

Эффективное управление логистикой и снабжением позволяет минимизировать запасы и сроки доставки.

Рациональное использование энергии в производстве является неотъемлемой частью стратегии оптимизации. Внедрение новых технологий, направленных на снижение энергопотребления и повышение энергетической эффективности, приводит к сокращению затрат и уменьшению воздействия на окружающую среду.

Внедрение систем управления качеством, таких как ISO 9001, способствует оптимизации производственных процессов, повышению качества продукции и снижению производственных отходов.

Оптимизация производства и эффективное управление ресурсами содействуют экономической эффективности предприятий. Успешная реализация стратегий оптимизации не только повышает конкурентоспособность, но и способствует устойчивому экономическому росту, что является неотъемлемой частью современного бизнеса.

Литература

1. Репин, В. В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление. – М.: Литрес, 2013. – 177 с.

УДК 681

ГИБКИЕ МАТРИЧНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ В ЦИФРОВОМ РАДИОГРАФИЧЕСКОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Студенты гр. 11312121 Козлов А. С., Винник К. В.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основным недостатком плоскопанельных матричных детекторов является невозможность их плотного расположения к объекту контроля, например кольцевому сварному соединению. Возникает большая геометрическая нерезкость. Для устранения которой необходимо использовать рентгеновские аппараты с микро- и нанотрубками. Такие рентгеновские аппараты дорогостоящие и существенно повышают стоимость контроля. Гибкие матричные детекторы, которые появились в последнее время, устраняют недостаток плоскопанельных детекторов.

Цель: предложить методику контроля сварных соединений с использованием гибких матричных детекторов.

Пример гибкого матричного детектора представлен на рис. 1.



Рис. 1. Гибкий матричный детектор компании GlobalTest Service NDT-DR

Характеристики и достоинства:

- размер корпуса детектора составляет 550×158×28 мм;
- прочный корпус, с защитой IP67 для работы в тяжелых полевых условиях;
- размер активной зоны составляет 10×35 см, высоким разрешением с шагом пикселей 140 мкм, что примерно равно 3,5 пар линий, с отсутствием искажений изображения при любых диаметрах;

– сцинтиллятор изготовлен из GadOx (оксисульфид гадолиния), позволяет работать с источниками рентгеновского и гамма-излучения;

– технология фотодиодных матриц: TFT на основе α -Si (аморфный кремний).

Методика применения гибких детекторов включает следующие этапы: установка детектора на объект, экспозиция объекта, считывание информации для специального программного обеспечения на ПК (обычно на ноутбук), анализ изображения.

Предложенная методика обеспечивает панорамное изображение при удовлетворительном качестве.

УДК 531.383

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Колесникова А. Г.
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Гироскопы являются основными датчиками, используемыми в современных морских, наземных и воздушных навигационных системах. К наиболее применяемым в настоящее время гироскопам можно отнести: кольцевой лазерный, волоконно-оптический, волновой твердотельный и др. В последнее время получили большое распространение микромеханические гироскопы (ММГ). Несмотря на то, что ММГ обладают низкой точностью, их преимущество по массогабаритным характеристикам обуславливает широкий спектр их применения. Низкий класс точности ММГ объясняется высокими инструментальными погрешностями. Погрешность ММГ – характеристика гироскопа, количественно выражающая отклонение номинального значения измеряемой угловой скорости от ее истинного значения [1]. В связи с этим целью настоящей работы является анализ систематических погрешностей разработанного инерциального измерительного модуля (ИИМ), в состав которого входит микромеханический гироскоп. В частности, рассматривается смещение (дрейф) нуля ММГ.

В ходе работы в среде *Matlab/Simulink* разработана имитационная модель, в состав которой входит 10 идентичных структур ИИМ (рис. 1). На вход системы подавались сигналы с ММГ, полученные в экспериментальных условиях на поворотном столе. Для получения характеристик влияния смещения нулевого сигнала гироскопов из состава ИИМ, определялись среднее квадратическое отклонение (СКО) и математическое ожидание.

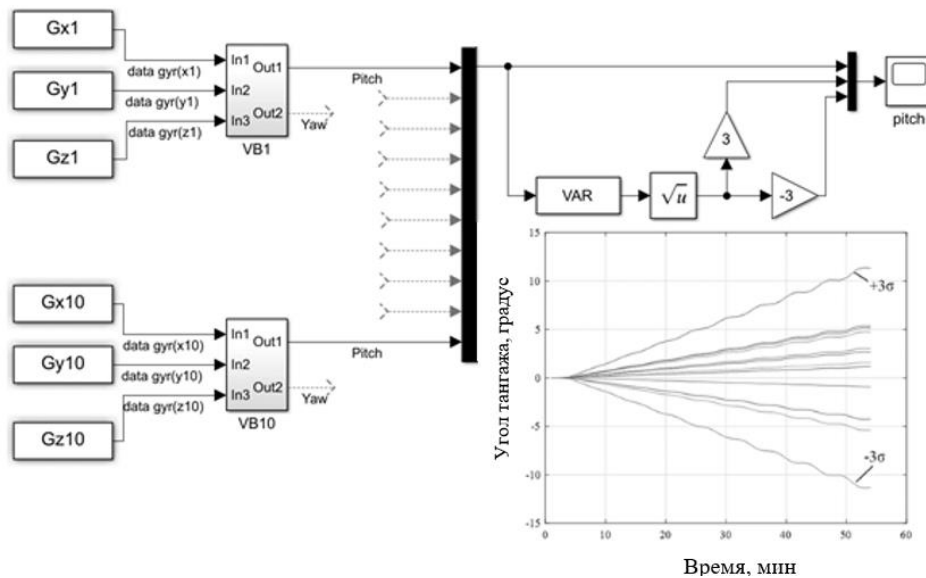


Рис. 1. Имитационная модель и результат моделирования анализа систематических погрешностей ИИМ

Как можно наблюдать, за время равное 60 минут, погрешность накопления ошибки может составлять порядка 5° , что необходимо учитывать при проектировании ИИМ. Показано, что все реализации систематических погрешностей ИИМ укладываются в границы $\pm 3\sigma(t)$ [2].

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (FEWG-2022-0002).

Литература

1. Матвеев, В. В. Анализ погрешностей микромеханических гироскопов методом вариаций Аллана / В. В. Матвеев, М. Г. Погорелов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 3. – С. 123–135.
2. Колесникова, А. Г. Анализ погрешностей бесплатформенной системы ориентации / А. Г. Колесникова // Промышленная революция 4.0: взгляд молодежи: Тезисы докладов Юбилейной 5-ой межрегиональной научной сессии молодых исследователей, Тула, 20–22 ноября 2023 года. – Тула: Тульский государственный университет, 2023. – С. 115–116.

УДК 531.383

ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ВОЛНОМЕРНОГО БУЯ

Студент гр. 140831/01 (магистрант) Колесникова А. Г.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

В настоящее время известно множество способов измерения морского волнения, однако, ощущается дефицит в средствах измерения волнения. Типичными устройствами для измерения параметров волны являются волномерные буй (ВБ), в которых измерение вертикальной качки основано на применении физического маятника [1].

В предложенном ВБ блок датчиков заменен инерциальным измерительным модулем (ИИМ) на основе микромеханических датчиков первичной информации. ИИМ обеспечивает трехмерную ориентацию за счет объединения данных гироскопа с данными акселерометра.

В ходе работы в системе автоматического проектирования, была разработана трехмерная модель ИИМ для определения параметров морской волны (рис. 1).

Инерциальный измерительный модуль позволяет повысить надежность волномерного буй, повысить его автономность, расширить диапазон измеряемых длин волн, уменьшить массогабаритные характеристики, повысить его вибро- и ударостойкость [2].

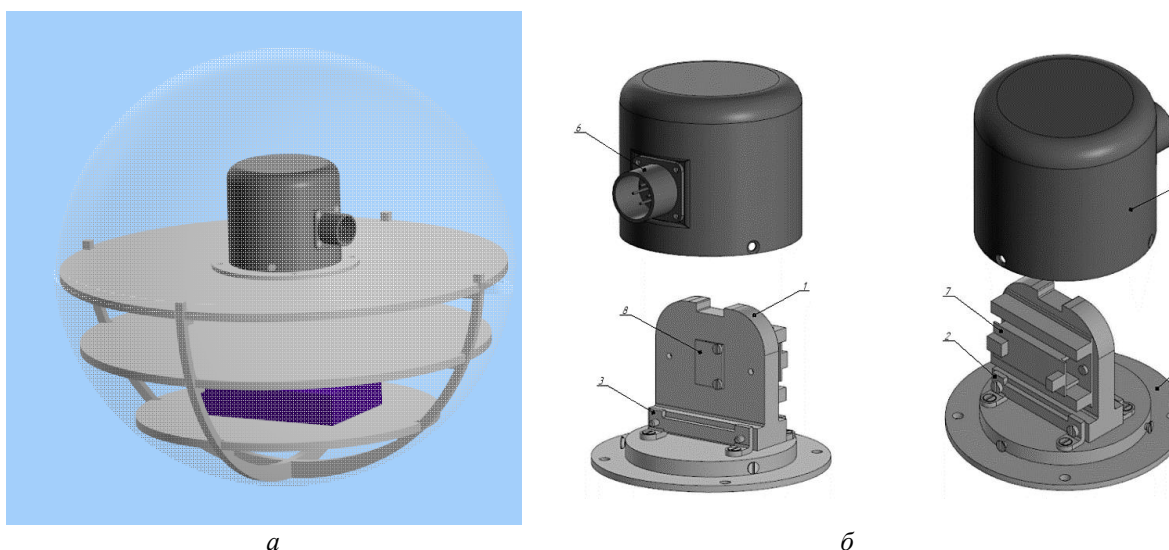


Рис. 1. Инерциальный измерительный модуль в составе волномерного буй: *а* – общий вид; *б* – составляющие ИИМ (1 – каркас; 2 – стойка; 3 – стойка резьбовая; 4 – основание; 5 – кожух; 6 – вилка ШР20П4ЭЩ4; 7 – контроллер; 8 – устройство GY-521)

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта ректора ТулГУ для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам магистратуры, № ПУ/23/02/ГРР_М.

Литература

1. Матвеев, В. В. Система измерения вертикальной качки волномерного буй / В. В. Матвеев, М. Г. Погорелов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 9–2. – С. 267–275.
2. Патент RU2631965 С1. Волномерный буй с инерциальным измерительным модулем на основе микромеханических датчиков: опубл. 29.09.2017 / Д. Г. Грязин, О. О. Белова, Л. П. Старосельцев; заявитель Акционерное общество «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор»».

УДК 620.179

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО МЕТОДА

Студенты гр. 11312120 Колядко Я. А., Рожко Е. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шадурская Л. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Электрический контроль (ЭК) является одним из видов неразрушающего контроля, в основе которого лежит регистрация и определение параметров электрических полей, взаимодействующих с объектами контроля (ОК), либо возникающих в них при воздействии внешних сил [1].

Целью данной работы являлось определение влажности древесины (сосны) с помощью электроемкостного метода

Древесина по своей природе является диэлектриком. Находясь в переменном электрическом поле, она проявляет свои диэлектрические свойства, которые характеризуются двумя показателями. Один из них – диэлектрическая проницаемость ϵ .

Диэлектрическая проницаемость ϵ количественно равна отношению емкости конденсатора с прокладкой из древесины к емкости конденсатора с вакуумным зазором между электродами:

Для измерения влажности в качестве информативного параметра использовалась диэлектрическая проницаемость древесины.

Экспоненты проводились на бруске сосны с использованием влагомера МГ4-Д. Площадь контакта влагомера составляло $S = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$.

Таблица 1 – Зависимости относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r от направления волокон

Направление волокон	Сосна
Вдоль волокон	3,06
В радиальном направлении	1,98
В тангенциальном направлении	1,91

Направление волокон в исследуемом бруске определялось визуально.

Расчет диэлектрической проницаемости сосны проводился по формуле:

$$\epsilon = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_0}, \quad (1)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная, которая равна $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

По результатам проведенных исследований построен график зависимости диэлектрической проницаемости сосны от влажности.

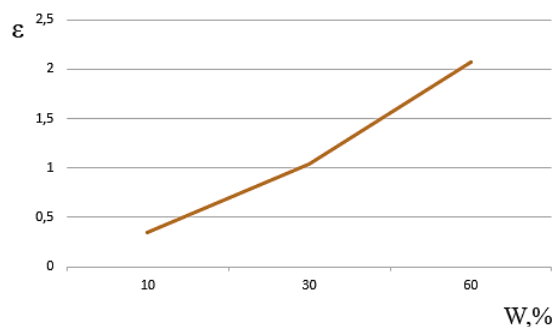


Рис. 1. Зависимости диэлектрической проницаемости сосны от влажности

Проведенные исследования позволяют определять влажность сосны с учетом ориентации волокон в каждом конкретном случае.

Литература

1. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 3. Электромагнитный контроль: практ. пособие / Под ред. В. В. Сухорукова. – М.: Высш. шк., 1992. – 312 с.

УДК 621.396.621(621.93)

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО ТРЕХАНТЕННОГО УГЛОМЕРНОГО ПРИЕМНИКА ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Магистрант Конопляников А. А.^{1,2}Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р. В.^{1,2}, главный инженер Односторонцева Д. А.¹¹ООО «НавиИС», Минск, Беларусь²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современном мире навигационные системы играют ключевую роль в многих областях, от геодезии до автономных транспортных средств. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является разработка высокоточных трехантенных угломерных приемников ГНСС, которые обеспечивают не только точное позиционирование, но и определение углов ориентации объектов в пространстве. Эти устройства находят применение в различных сферах, включая морскую навигацию, авиацию, строительство и робототехнику.

Современные трехантенные угломерные приемники ГНСС используют сложные алгоритмы обработки сигналов например: алгоритмы совместного слежения за фазами сигналов, фильтрации и сглаживания данных, многопозиционной обработки, алгоритмы дифференциальных поправок. Данные алгоритмы позволяют с высокой точностью определять, как координаты самих антенн, так и измерять углы курса, крена и тангажа. Это открывает новые возможности для повышения эффективности и безопасности многих процессов. Общая структурная схема разработанного угломерного приемника представлена на рис. 1.

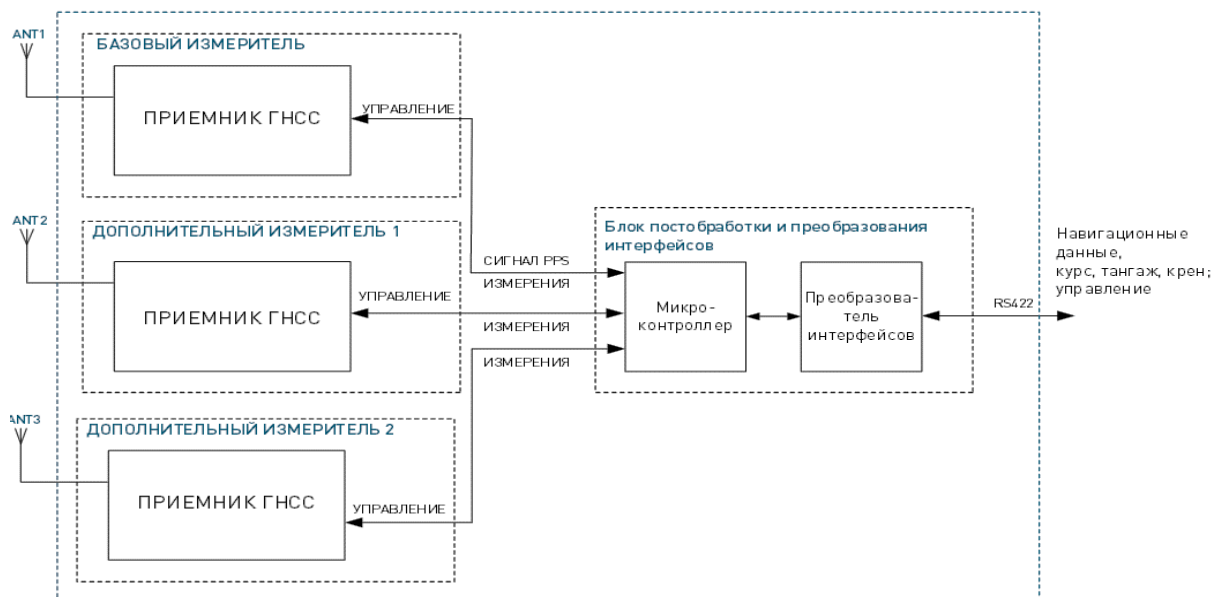


Рис. 1. Общая структурная схема трехантенного угломерного приемника

К основным функциональным модулям относятся:

- базовый измеритель – основной приемник, который обрабатывает сигналы от спутников ГНСС и генерирует сигнал точного времени (PPS – Pulse Per Second) и обеспечивает основу для синхронизации работы всей системы;

- дополнительные измерители 1 и 2 – вторичные приемники, которые также принимают сигналы от спутников ГНСС и предназначены для измерения углов относительно базового измерителя, что позволяет системе определять угловое положение объекта в пространстве;

- блок постобработки и преобразования интерфейсов – содержит микроконтроллер и преобразователь интерфейсов;

- микроконтроллер координирует работу всех измерителей, обрабатывает полученные данные и передает сигналы управления;

- преобразователь интерфейсов обеспечивает совместимость между различными типами интерфейсов, используемых в системе.

Система работает следующим образом: базовый измеритель обеспечивает точное время и синхронизацию, дополнительные измерители измеряют углы относительно базового измерителя, а блок постобработки собирает все данные, обрабатывает их и передает управляющие сигналы для коррекции положения системы или объекта.

УДК 315

ИЗМЕРЕНИЕ ПУЛЬСА СПОРТСМЕНА ПРИ ЗАНЯТИИ НА ЭЛЛИПСОИДНОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Студент гр. 11904121 Корзун А. В.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С развитием спортивной индустрии научные технологии шагнули вперед. Для достижения высоких результатов спортсмена необходимо иметь не только отличные физические данные, опытных тренеров и хорошее оборудование, но постоянный контроль за частотой сердечных сокращений тренирующегося. Для измерения пульса существует достаточно много различных аппаратов и устройств таких как сфигмоманометр, аппарат предназначенный для измерения не только пульса, но и артериального давления, холтеровский монитор, предназначенный для контроля работы сердца в течении суток, пульсометр, как правило, используется профессиональными спортсменами для отображения пульса в режиме реального времени во время тренировок, пульсоксиметр, фитнес-часы, которые измеряют пульс, давление, уровень сатурации, время сна, а также располагают другими функциями, фитнес-браслеты и другие. В такие устройства встроены первичные измерительные преобразователи, т. е. датчики [1].

В данной работе подробно рассмотрен пульсоксиметр, его составные части, типы устройства (стационарные, поясные, напалечные, профессиональные), принцип работы. В устройство встроены фотодатчик, преобразующий оптический свет в электрический ток. Два светодиода пропускают красный и инфракрасный свет через биологические ткани. Определенная часть света поглощается. Переданный свет принимается фотодетектором. С помощью дополнительных функций высчитывается пульс, уровень сатурации.

В работе рассматривается применение в качестве фотодатчика фоторезистора, схема включения которого представлена на рис. 1, фотодиода, фоторезистора, фототранзистора, фототиристора. Анализируются их чувствительность, порог чувствительности и темновой ток, а также вольтамперная, спектральная и энергетическая характеристики. Фотодетекторы применяются не только в медицинских целях, их также используют в автоматике, интегральных микросхемах, в электронных устройствах, в компенсаторах реактивной мощности и т. д. Они имеют достаточно много достоинств, например, чувствительность, надежность, долговечность, помимо этого, датчики имеют небольшие размеры [2].

Целью данной работы являлось разработка и описание функциональной электрической схемы пульсоксиметра, его принципа работы в статическом и динамическом режимах. В конце работы произведен анализ погрешности фотоприемника.

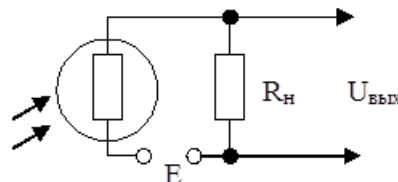


Рис. 1. Схема включения фоторезистора

Литература

1. Пульсоксиметр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://foodandhealth.ru/medodezhda-i-pribory/pulsoksimetr/>. – Дата доступа: 18.01.2024.
2. Фотоприемники (общие сведения) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infopedia.su/19x3461.html>. – Дата доступа: 10.02.2024.

УДК 681

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Студент гр. 11312120 Коробко Е. Д.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь.

Тепловизионный контроль позволяет обнаруживать утечки тепла через ограждающие конструкции, здания и сооружения. Контроль осуществляется современными высокочувствительными тепловизорами с матричными детекторами.

В Республике Беларусь в настоящее время используют тепловизоры фирмы ТЕРМО ПРО (производство Россия), Testo (производство Германия), SAT (производство Китай). Технические характеристики этих тепловизоров примерно одинаковы. Различаются по цене и эргономике.

Целью научно-исследовательской работы была разработка алгоритма контроля утечек тепла через ограждающие конструкции зданий с использованием тепловизора ТЕРМО ПРО.

Методика применения теплового контроля в строительстве описана в ГОСТ 26629-85. Предлагаемая в госте методика включает следующие основные этапы: определение коэффициента излучения элементов ограждающих конструкций, подготовка объекта контроля, настройка тепловизора, осуществление контроля, анализ термограмм, выявление очагов гипо- и гипертермии, составление отчета на основании предложенной методики контроля. Алгоритм контроля представлен на рис. 1.

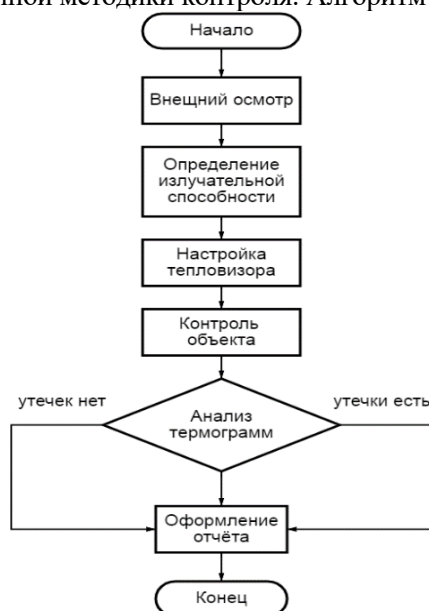


Рис. 1. Алгоритм контроля

Разработанный алгоритм позволяет обнаруживать все утечки тепла через ограждающие конструкции жилых зданий.

УДК 681

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ

Студент гр. 11312122 Крюков А. Н.

Старший преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Магнитопорошковая дефектоскопия – один из самых надежных и эффективных методов неразрушающего контроля металлоконструкций. После нанесения магнитного порошка на поверхности объекта формируется индикаторный рисунок, с помощью которого можно выявить ряд дефектов. Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля применяется для контроля качества таких объектов, как детали, узлы, элементы конструкций из ферромагнитных материалов, а также клепаные и болтовые соединения.

Цель работы: определить, какие из современных материалов, использующихся в магнито-порошковой дефектоскопии, оптимально подходят для использования на объектах железнодорожного транспорта.

При выборе магнитопорошковых материалов для контроля на объектах железнодорожного транспорта (например, на железнодорожных путях) основным параметром является разрешающая способность, которая напрямую зависит от размера частиц порошка или суспензии. Рассмотрим основные виды материалов с учетом данного параметра.

Порошки. Примером порошка может стать магнитный порошок Диагма-1100 производства РФ. Из плюсов можно выделить его небольшую цену, а также огнестойкость. Основные минусы: большой размер частиц – не менее 30 мкм, что ограничивает минимальный размер обнаруживаемых дефектов, а также, что касается всех порошков в принципе – сложность использования по сравнению с суспензиями.

Суспензии. Среди суспензий можно выделить несколько самых распространенных, а именно: Magnaflux 7HF, Элитест ЧС2 и Helling NRS 103 (рис. 1). Рассмотрим характеристики каждой из них.



Рис. 1. Рассматриваемые магнитные суспензии: Magnaflux 7HF (а); Элитест ЧС2 (б); Helling NRS 103 (в)

Magnaflux 7HF – суспензия американского производства. Среди основных характеристик можно выделить высокую температуру вспыхивания ($> 93^{\circ}\text{C}$), температуру использования от -5°C до 50°C и средним размером частиц 2–6 мкм. Элитест ЧС2 – суспензия российского производства. Температура вспыхивания также составляет $> 93^{\circ}\text{C}$, температура использования от -10°C до 90°C , размер частиц составляет не более 2 мкм. Helling NRS 103 – суспензия немецкого производства. Температура вспыхивания производителем не указана, рабочая температура от -10°C до 50°C , размер частиц составляет не более 4 мкм.

Таким образом, для магнитопорошковой дефектоскопии объектов железнодорожного транспорта стоит использовать магнитные суспензии, за счет их упрощенного использования и частиц в несколько раз меньших, чем у магнитных порошков. Из рассмотренных нами суспензий российский Элитест ЧС2 по соотношению цена-качество обладает наилучшими параметрами, однако предпочтительными являются суспензии фирм Magnaflux и Helling за счет высокого качества и надежности. Указанные выше фирмы поставляют свою продукцию в Республику Беларусь длительное время, и вся нормативная документация по их применению уже разработана.

УДК 339.54.012

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Магистранты Куликова А. В., Богословский Ф. И.

Ст. преподаватель Левиев Д. О.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

В современном мире, где цифровые технологии проникают во все сферы жизни, защита персональных данных становится все более актуальной проблемой. В связи с этим, исследование методов защиты персональных данных в эпоху цифровой трансформации приобретает особую важность.

Целью данного исследования является анализ существующих методов защиты персональных данных в условиях цифровой трансформации с целью выявления их эффективности и возможных улучшений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить основные принципы защиты персональных данных в цифровой среде.
2. Проанализировать существующие методы защиты персональных данных и их применимость в современных условиях.
3. Выявить основные угрозы и риски для персональных данных в эпоху цифровой трансформации.
4. Предложить рекомендации по улучшению методов защиты персональных данных с учетом современных тенденций развития информационных технологий.

Основные понятия и законодательство в области защиты персональных данных. Международные и национальные стандарты в области защиты персональных данных [1] играют ключевую роль в обеспечении конфиденциальности и безопасности информации.

Законодательство в области защиты персональных данных направлено на защиту прав человека на конфиденциальность его личных данных и обязывает организации соблюдать определенные стандарты безопасности. Однако, в эпоху цифровой трансформации, когда объемы информации растут экспоненциально, возникают новые вызовы и угрозы для защиты персональных данных.

Для анализа методов защиты персональных данных в условиях цифровой трансформации необходимо учитывать как основные принципы защиты данных, так и существующие стандарты и законодательство. Важно рассмотреть как традиционные методы защиты данных, такие как шифрование, аутентификация и контроль доступа, так и новые технологии, включая блокчейн, искусственный интеллект и машинное обучение.

Угрозы для персональных данных и их классификация. Угрозы для персональных данных [2] могут быть классифицированы на внутренние и внешние. Внутренние угрозы возникают изнутри организации и могут быть вызваны недобросовестными сотрудниками, ошибками в управлении данными или слабой кибергигиеной. Эти угрозы могут привести к утечке конфиденциальной информации, несанкционированному доступу к данным или неправомерной обработке персональных данных.

Внешние угрозы, с другой стороны, исходят извне и могут включать в себя хакерские атаки, кибершпионаж, вирусы и мошенничество. Эти угрозы могут быть направлены на похищение личных данных, шантаж, финансовые мошенничества или нарушение конфиденциальности.

Угрозы для персональных данных также могут быть классифицированы по степени опасности. Например, низкой степенью опасности могут быть считаться случайные ошибки или утраты данных, средней – несанкционированный доступ к данным или вредоносное программное обеспечение, а высокой – целенаправленные хакерские атаки или утечки конфиденциальной информации.

Методы и технологии защиты персональных данных. Для эффективной защиты конфиденциальной информации используются различные методы и технологии [3]. В данном списке рассмотрим основные подходы к защите персональных данных, включая технические средства, организационные мероприятия, юридические аспекты и роль государства в обеспечении безопасности информации.

Технические средства защиты. В рамках технических средств защиты персональных данных широко используются методы шифрования, аутентификации и контроля доступа. Шифрование данных позволяет обезопасить информацию от несанкционированного доступа путем преобразования ее в недоступный для посторонних вид. Аутентификация предоставляет возможность проверить личность пользователя перед предоставлением доступа к данным. Контроль доступа позволяет управлять правами доступа к информации в зависимости от роли и полномочий сотрудников.

Организационные мероприятия по защите персональных данных. Организационные меры включают в себя обучение сотрудников по вопросам безопасности данных, разработку политики безопасности информации, регулярные аудиты и мониторинг защиты данных, а также управление рисками, связанными с обработкой персональных данных.

Юридические меры защиты. Юридические меры включают в себя соблюдение законодательства о защите персональных данных, заключение соответствующих договоров с третьими сторонами, которые имеют доступ к данным, а также проведение оценки влияния на защиту данных (DPIA) для оценки рисков и разработки мер по их устранению.

Роль государства в обеспечении защиты персональных данных. Государство играет ключевую роль в обеспечении защиты персональных данных путем принятия соответствующего законодательства, контроля за его соблюдением, разработки стандартов безопасности и поддержки развития технологий для защиты данных.

Практические примеры защиты персональных данных. Одним из ключевых аспектов защиты персональных данных является использование технических средств, таких как криптографические методы шифрования, механизмы аутентификации и контроля доступа [4]. Крупные компании, такие как Яндекс, Сбербанк и другие, активно внедряют передовые технологии для защиты информации своих пользователей. Примерами могут служить двухфакторная аутентификация, шифрование конфиденциальных данных и мониторинг безопасности сетей.

Государственные органы также не остаются в стороне и принимают меры по обеспечению безопасности персональных данных граждан. Здесь важными являются законодательные меры, регулирующие сбор, хранение и обработку информации, а также создание специализированных служб по защите информации.

Медицинские учреждения также сталкиваются с необходимостью обеспечения безопасности персональных медицинских данных пациентов. Здесь важно использование защищенных баз данных, шифрования медицинских записей и строгого контроля доступа к чувствительной информации.

Оценка эффективности методов защиты персональных данных и проблемы их реализации. Одной из основных сложностей реализации методов защиты персональных данных на практике является постоянное развитие технологий и угроз в области кибербезопасности. Это требует постоянного обновления и модернизации средств защиты, что может быть затруднительно для многих организаций из-за финансовых и организационных ограничений.

Проблема выбора оптимальных методов защиты персональных данных для различных организаций заключается в необходимости учитывать специфику деятельности, объем обрабатываемых данных, уровень угроз и другие факторы. Не всегда можно найти универсальное решение, которое подойдет всем организациям, поэтому требуется индивидуальный подход к выбору методов защиты.

Оценка эффективности существующих методов защиты персональных [5] данных должна проводиться с учетом затрат на их внедрение и поддержание, а также полученных результатов. Не всегда самые дорогостоящие методы являются наиболее эффективными, поэтому важно проводить анализ и выбирать оптимальные решения с учетом баланса между затратами и результатами.

Заключение. В современном мире цифровой трансформации защита персональных данных становится все более актуальной и важной задачей. Анализ методов защиты персональных данных позволяет оценить их эффективность, сложности внедрения и проблемы, с которыми сталкиваются организации.

Одной из основных тенденций развития методов защиты персональных данных в будущем является углубление интеграции технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для обнаружения и предотвращения киберугроз. Автоматизация процессов анализа и реагирования на инциденты безопасности позволит повысить эффективность защиты данных.

Другой важной тенденцией является усиление фокуса на защите конечных точек и облачных решений. С увеличением числа мобильных устройств и облачных сервисов растет необходимость обеспечения безопасности данных на всех уровнях доступа.

Рекомендации по выбору и применению методов защиты персональных данных включают в себя несколько ключевых аспектов. Во-первых, необходимо проводить анализ уровня угроз и специфику деятельности организации для выбора оптимальных методов защиты. Во-вторых, важно учитывать баланс между затратами на внедрение и поддержание методов и получаемой защитой данных.

Кроме того, рекомендуется уделять внимание обучению сотрудников по вопросам кибербезопасности, так как человеческий фактор часто является слабым звеном в цепи защиты данных. Регулярное обновление программного обеспечения и мониторинг событий безопасности также играют важную роль в обеспечении надежной защиты персональных данных.

Таким образом, развитие методов защиты персональных данных в будущем будет направлено на использование передовых технологий, повышение автоматизации процессов и укрепле-

ние защиты на всех уровнях доступа. Следует учитывать рекомендации по выбору и применению методов защиты для обеспечения эффективной защиты персональных данных в условиях цифровой трансформации.

Литература

1. Латухина, В. С. Международные и национальные стандарты уголовно-правовой защиты персональных данных // Экономика, социология и право. – 2017. – № 4. – С. 76–80.
2. Докучаев, В. А. Классификация угроз безопасности персональных данных в информационных системах / В. А. Докучаев, В. В. Маклачкова, В. Ю. Статев // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. – 2020. – № 1.
3. Параскевов, А. В. Защита персональных данных в информационных обучающих системах / А. В. Параскевов, А. А. Каденцева, М. В. Филоненко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 122. – С. 1085–1098.
4. Приезжевой А. А. Федеральный закон «О персональных данных»: научно-практический // Редакция «Российской газеты». – 2015. – № 11. – С. 37.
5. Мищенко, Е. Ю. Моделирование процессов обезличивания персональных данных и оценка эффективности используемых методов на основе модели нарушителя: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 2.3.6: дис. – 2022.

УДК 681

УСТРОЙСТВО ПОДКЛЮЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПОСТОЯННОТОКОВЫХ ШЛЕЙФОВ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ПКП

Студенты гр. 11301121 Купреенко К. В., Адамович К. А.

Ст. преподаватель Василевский А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основная цель работы – разработка более совершенного устройства подключения и контроля постояннотокowych шлейфов и ПКП пожарной сигнализации [1].

В состав этого устройства входят: блок коммутации шлейфов, блок контроля шлейфов, блок обработки сигналов, блок индикации, блок контроля напряжения питания (рис. 1) и разъемы для подключения шлейфа и ПКП.

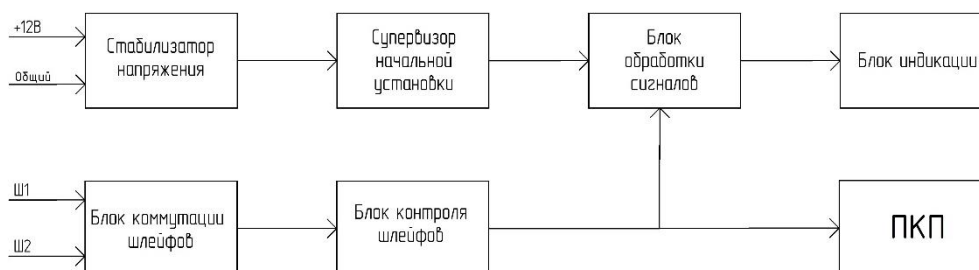


Рис. 1. Структурная схема устройства

Функционирование прибора: Устройство подключается последовательно в шлейф ПКП. На устройство подается питание от источника ПКП. Далее идет инициализация микроконтроллера устройства. В процессе инициализации может иметь место индикация «Неисправность», при этом необходимо перезапустить устройство вручную. Если напряжение питания микроконтроллера устройства недостаточно для обеспечения его нормальной работы, то микроконтроллер будет удерживаться с помощью супервизора в состоянии сброса до тех пор, пока напряжение питания не стабилизируется на уровне, достаточном для корректной работы устройства. После инициализации микроконтроллера, проверяется состояние шлейфа. Микроконтроллер формирует запрос на блок контроля шлейфов, который производит проверку шлейфа на различные состояния, передавая значения на блок обработки сигналов. Далее блок обработки сигналов производит сравнение значений токов в шлейфах с токами, соответствующими различным режимам работы, после чего загорается индикация в соответствии с установленными режимами работы шлейфа, а именно: «КЗ», «Обрыв», «Норма», «Внимание», «По-

жар», «Питание». Также устройство может произвести проверку работоспособности ПКП, эмулируя шлейф и различные сценарии работы шлейфа [2].

Устройство имеет свою отдельную индикацию всех режимов работы. Сброс состояния подключенных в шлейфы токопотребляющих извещателей осуществляется при этом внутрисхемно. В основе принципа действия устройства лежит контроль изменения силы тока и напряжения в тестируемом шлейфе. Все вышеизложенные режимы могут быть запущены вручную.

Литература

1. СН 2.02.03-2019. Строительная норма Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений. – Введ. 04.04.2021. – Минск: Стройтехнорм, 2019. – 27 с.

2. СТБ 11.16.02-2007. Государственный стандарт Республики Беларусь. Система стандартов пожарной безопасности. Устройства электроснабжения технических средств противопожарной защиты. Общие технические условия. – Введ. 01.02.08. – Минск: БелГИСС, 2007. – 12 с.

УДК 628.98

МОБИЛЬНЫЙ ПЯТИКАНАЛЬНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР

Студент гр. 11303122 Медведев С. П.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На предприятиях химической промышленности, в технологическом цикле различных предприятий, при производстве применяются различные технологические газообразные среды: метан, пропан, аммиак, монооксид углерода и т. д. Качественной характеристикой контроля их применения является предельно допустимая концентрация (ПДК) взрывоопасных и токсичных газов в рабочей зоне. Для предотвращения аварийных ситуаций на производстве необходимо осуществлять контроль величины ПДК в производственной зоне. Утечка токсичных и взрывоопасных газов приводит к рискам отравления технического персонала промышленности или воспламенению горючих веществ [1].

В настоящее время на производствах для контроля ПДК газов, применяются приборы, представленные на рис. 1.

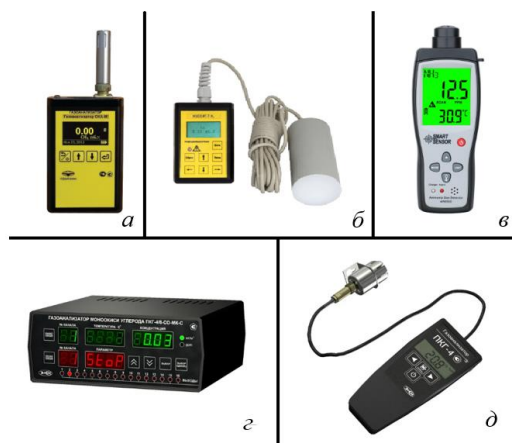


Рис. 1. Приборы для измерения ПДК газов: а – метана (CH_4) ОКА-М; б – пропана (C_3H_8) Хоббит-Т-С3Н8; в – аммиака (NH_3) SMART SENSOR; г – монооксида углерода (CO) ПКГ-4 /8-С-СО-УР-ЗА; д – кислорода (O_2) ПКГ-4 Н-К-П

Основным недостатком данных измерительных приборов является то, что определение ПДК различных газов в промышленной атмосфере осуществляется отдельным прибором.

Поэтому разработка конструкции универсального мобильного пятиканального газоанализатора является актуальной задачей. Применение в промышленности такого прибора позволит обеспечить оперативный контроль параметров атмосферы в рабочей зоне.

Основной задачей разработки должна являться: разработка схемотехнических решений для одновременного контроля прибором минимум пяти различных газообразных сред, так же необ-

ходимо предусмотреть аудиовизуальную сигнализацию достижения предельного уровня ПДК. Целесообразным является реализация в конструкции прибора возможности регистрации результатов измерений и дистанционного доступа к функциональным возможностям разрабатываемого устройства.

Литература

1. Методы и средства газового анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://centrmetrolab.ru/poverka-signalizatorov-zagazovannos/>. – Дата доступа: 05.03.2024.

УДК 531.781.2.082.731

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ

Студенты гр. 11301122 Мелюх Н. С., гр. 11312123 Борбат М. С.

Кандидат тех. наук, доцент Пантелеев К. В., кандидат тех. наук, доцент Воробей Р. И.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для обеспечения существенного энергосбережения, в настоящее время, все шире используются светодиодные осветительные приборы мощностью от 5 до 300 Вт. Для достижения качественных показателей использования светодиодных осветителей немалую роль играет процесс контроля качества их характеристик, главным образом, непосредственно, на стадии их производства. На сегодня предоставлено около 70 параметров, подлежащих контролю качества светодиодных осветительных приборов (СОП). При этом наиболее значимыми приняты около 30, в частности те, которые указаны в техническом паспорте на СОП. Методы и средства контроля параметров СОП производителями, как правило не публикуются открыто. Поэтому, для успешного внедрения, разрабатываемых СОП, необходимы разработка методик и средств контроля, обеспечивающие достаточный контроль качества производимой продукции, как минимум по ключевым параметрам, что и определяет актуальность работы.

Целью работы является анализ известных методов и приборов контроля качества светодиодных осветителей, для разработки методик и испытательного стенда для контроля основных параметров светодиодных осветителей.

Основные требования к СОП и методы испытания их параметров регламентированы в ГОСТ Р 55705-2013 «Приборы осветительные со светодиодными источниками света. Общие технические условия» и ГОСТ 34819-2021 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний».

К измерительным приборам для испытания светотехнических параметров СОП также выдвигается широкий ряд требований, в частности, по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия». ГОСТом 34819-2021 рекомендованы средства измерений СОП с соответствующими погрешностями измерений (табл. 1) для выполнения светотехнических измерений.

Таблица 1 – Рекомендуемые средства измерений для выполнения светотехнических измерений при контроле качества СОП

Средства измерений	Диапазон измерений	Погрешность измерений, не более
Фотоэлектрический яркомер, фотографический яркомер	1–200 000 кд/м ²	±8 %
Фотометрический шар	1–250 000 лм	±10 %
Гониофотометр	1–200 000 кд	±8 %
	1–250 000 лм	±8 %
Люксметр	1–200 000 лк	±8 %
Спектрорадиометр-колориметр	380–780 нм	±0,3 нм
	1 600–16 000 К	±5
	x: 0,004–0,734 y: 0,005–0,834	±0,006

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта по договору № 11-48/54 от 14.03.2024.

УДК 531.781.2.082.731

ВЫБОР РЕЖИМА РАБОТЫ АЦП ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО МОСТА

Студенты гр. 11301123 Мелюх Н. С., гр. 11312120 Сороко Ю. Д.
Кандидат тех. наук, доцент Тявловский А. К., д-р техн. наук, профессор Жарин А. Л.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При исследовании твердости материалов методом индентирования с использованием автоматизированной измерительной установки возникает задача автоматического измерения силы вдавливания в широком диапазоне (0–2000 Н) и с высокой разрешающей способностью. Для решения этой задачи использован мостовой тензометрический преобразователь НМ2D4. Выходное сопротивление моста составляет (351 ± 2) Ом, входное сопротивление (350 ± 3) Ом, номинальное напряжение питания постоянного тока – от 5 В до 12 В, выходной сигнал – дифференциальное напряжение постоянного тока, чувствительность по напряжению питания на верхней границе диапазона измерения – $(2,0 \pm 0,002)$ мВ/В. Таким образом, максимальный уровень выходного дифференциального сигнала составляет 10 мВ при напряжении питания 5 В. С учетом низкого уровня сигнала для преобразования и передачи информации на компьютер был выбран интегральный малошумящий прецизионный сигма-дельта АЦП типа AD7190. Для АЦП использована схема подключения с двумя дифференциальными входами. AD7190 использует собственный протокол обмена, в рамках которого АЦП выступает как ведомое устройство командно-информационной системы. По аппаратным средствам интерфейс AD7190 совместим с интерфейсом SPI, однако реализует другой алгоритм работы. Подключение интерфейса AD7190 может быть осуществлено посредством стандартного модуля синхронного приемопередатчика USART.

Работа АЦП AD7190 может строиться в режиме однократного преобразования либо в режиме непрерывного преобразования (циклическом). Во втором режиме обеспечивается более высокая частота отсчетов и уменьшается время неопределенности, связанное с запаздыванием операции чтения выходного буфера АЦП по отношению к моменту заполнения этого буфера на неизвестное случайное время, поскольку данные в буфере обновляются автоматически и всегда относятся к последнему завершённому циклу преобразования. При однократном преобразовании данные в буфере сохраняются неопределенно долго до момента считывания и могут вследствие этого отличаться от актуальных значений измеряемого параметра. Недостатком режима непрерывного преобразования является повышенная вероятность ошибок, поскольку процессы внутренних (на запись) и внешних (на чтение) обращений к буферу данных не синхронизированы, что может привести к искажению данных при считывании буфера в момент его обновления. В соответствии алгоритмом работы, управляющий микроконтроллер должен в реальном или близком к реальному масштабе времени:

- 1) обрабатывать сигналы от преобразователя силы;
- 2) обрабатывать сигналы от датчика перемещения;
- 3) формировать тактовые импульсы STER для драйвера ШД;
- 4) передавать данные и принимать команды по интерфейсу USB.

При этом взаимодействие с интерфейсом USB, а также преобразователем силы и датчиком перемещений, являющимися «медленными» устройствами, строится на основе прерываний. Источниками прерываний являются также датчики крайних положений индентора и кнопка аварийного останова. При таких условиях невозможно гарантировать время обработки прерывания от датчика силы меньше времени цикла обновления данных в буфере в непрерывном режиме преобразования, что делает ошибки считывания данных неизбежными. Исходя из этого, для АЦП преобразователя сигналов ПИП силы был выбран режим однократного преобразования.

КАЛИБРОВКА МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Студенты гр. 11312120 Найден В. В., Сороко Ю. Д.
Ст. преподаватель Самарина А. В., д-р техн. наук, профессор Гусев О. К.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Расширение функциональности и повышение точности измерительных приборов связано с применением функциональных сенсоров, чувствительных к нескольким входным воздействиям P_1-P_n , и формирующим один измерительный сигнал [1–3] S^* . При этом алгоритм процедуры мультипараметрических адаптивных измерений [2] дополняется новыми операциями, включающими нахождение физического воздействия, позволяющего удовлетворить условиям разделения вклада в измерительный сигнал измеряемой величины, и разработка методики измерений параметра состояния объекта измерений. Под физическим воздействием в данном случае [3] понимается введение в физическую модель взаимодействия объекта измерения и первичного измерительного преобразователя таких изменений, которые обеспечивают условия разделения измеряемых величин. Конкретный алгоритм измерений определяется типом используемого мультипараметрического сенсора, набором измеряемых параметров [2; 3], дополнительным управляющим воздействием A .

Одними из факторов, определяющих погрешность измерений с использованием мультипараметрических сенсоров, являются те факторы, которые, в соответствии с алгоритмом измерения, не должны участвовать в формировании измерительного сигнала. Например, одноэлементный фотоэлектрический преобразователь, позволяющий измерять интенсивность и длину волны оптического излучения, при измерении длины волны должен иметь наибольший вклад в измерительный сигнал от изменений длины волны оптического излучения и наименьший – от интенсивности излучения [4]. При смене измеряемого параметра вклад факторов должен меняться на противоположный, что обеспечивается переключением алгоритма измерения [2] на соответствующую ветвь. Однако неправильный выбор требуемой ветви алгоритма или момента измерения может привести не только к значительному превышению допустимой погрешности измерения, но и к ошибке считывания, когда эквивалентная величина погрешности может составлять весь диапазон измерения. Уменьшение погрешности измерений обеспечивается введением процедуры калибровки с учетом моделей измерения и погрешности. Необходимо учитывать, что ряд погрешностей измерения в одноэлементных сенсорах автоматически компенсируется за счет выполнения преобразований разнородных физических величин в электрический измерительный сигнал в одном и том же объеме активной области сенсорной структуры.

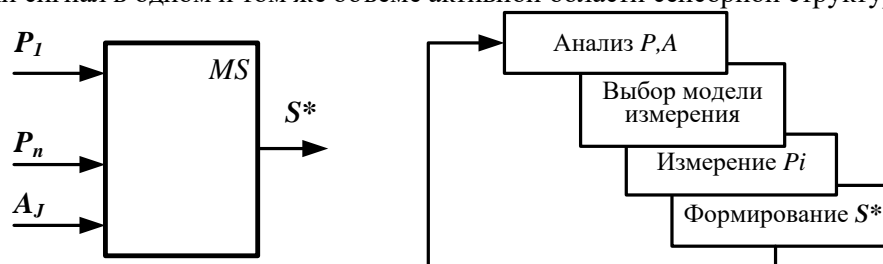


Рис. 1. Схема измерений с использованием мультипараметрического сенсора

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта по договору № 11-48/54 от 14.03.2024.

Литература

1. Джексон, Р. Г. Новейшие датчики. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
2. Гусев, О. К. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / О. К. Гусев [и др.]; под общ. ред. О. К. Гусева. – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.
3. Режим самокалибровки зонда Кельвина для контроля электрофизических параметров полупроводниковых пластин / Р. И. Воробей [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2014. – № 2 (9). – С. 46–52.
4. Воробей, Р. И. Измерительный преобразователь систем оптической диагностики / Р. И. Воробей [и др.] // Метрология и приборостроение – 2021, № 2. – С. 6–13.

УДК 004.384

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ

Студенты гр. 11312120 Найден В. В., Сороко Ю. Д.
Ст. преподаватель Самарина А. В., кандидат техн. наук, доцент Воробей Р. И.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Актуальность разработки методик и средств контроля качества светодиодных осветителей связана с сильным влиянием параметров освещения на утомляемость и эффективность трудовой деятельности. При правильной организации освещения можно не только создать комфортные условия, но и улучшить самочувствие и продуктивность учебной деятельности [1]. Используя искусственное освещение необходимо учитывать не только интенсивность светового излучения, но и цветовую температуру, цветопередачу (охват цветового пространства), пульсации светового излучения как в воспринимаемом человеком частотном диапазоне (20–50 Гц), так и выше – вплоть до нескольких килогерц. Например, пульсации даже с небольшими значениями (более 3 % на частоте 100 Гц), не замечаются человеком как мерцание, но ощущаются и являются опасными для зрения [2]. Малая инерционность светодиодных источников освещения предъявляет повышенные требования к источникам питания, параметры неидеальности которых не сглаживаются самим осветителем. Большинство используемого на сегодняшний день оборудования пригодно только для контроля осветителей, использующих старые принципы излучения света (лампы накаливания и газоразрядные) принципиально не пригодно для контроля параметров светодиодных источников освещения. Отсутствие контроля качества освещения по совокупности параметров, в том числе вновь введенных, привело к тому, что на рынке осветительных приборов присутствует продукция, несоответствующая по параметрам требованиям стандартов [3]. Кроме того, существует необходимость контроля характеристик ИК-осветителей для систем видеонаблюдения, работающих в режиме «ночь» или в условиях недостаточной освещенности.

Предварительными исследованиями определены требования к методикам и средствам испытаний светодиодных осветителей. Например, при испытании светотехнических параметров допустимая погрешность определения цветовой температуры составляет от 145 до 510 К, в зависимости от диапазона измерения [3]. Предложенный метод измерения цветовой температуры по соотношению спектральных составляющих на длинах волн 570 и 460 нм [4] обеспечивает определение цветовой температуры с дискретностью 50 К в диапазоне от 2 000 до 8 500 К.

Практически повсеместное использование для регулирования интенсивности освещения светодиодными осветителями широтно-импульсной модуляции и чувствительность человека на физиологическом уровне к высокочастотным пульсациям [2; 5] обуславливает необходимость измерения пульсаций светового излучения в частотном диапазоне до 3000 Гц. Причем измерение пульсаций светового потока целесообразно производить в двух диапазонах: до 10 Гц (замечаются человеком), и до 3000 Гц (не замечаются человеком, но влияют на его состояние). При этом пульсации светового потока светодиодных осветителей могут иметь как симметричный характер, так и наблюдаться в виде просадок или всплесков, в зависимости от схемотехнической реализации источников питания осветителей.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта по договору № 11-48/54 от 14.03.2024.

Литература

1. Иоффе, К. И. Биологическое влияние видимого света на организм человека // *Lighting Engineering & Power Engineering*. – 2008. – № 3. – С. 21–29.
2. Lehman B., Wilkins A. J. Designing to mitigate effects of flicker in LED lighting: Reducing risks to health and safety // *IEEE Power Electronics Magazine*. – 2014. – № 3. – С. 18–26.
3. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. – Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 54350 – 2015.
4. Борисенок, С. В. Измеритель цветовой температуры светодиодных осветителей / С. В. Борисенок, Р. И. Воробей, К. Л. Тявловский // *Новые направления развития приборостроения: материалы конференции молодых ученых и студентов (20–22 апреля 2022 г.)*. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 7–8.
5. Рудаков А. И., Шафиков Р. И. Влияние качества освещения на здоровье людей // *Problems and Prospects of Development of Science and Education in The XXI Century*. – 2019. – С. 52–57.

УДК 531.383

РАЗРАБОТКА ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Студент гр. 120801 Парчайкина Ю. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Одним из видов гиросtabilизатора являются индикаторные стабилизаторы. Гироскопический момент применяемых в таких гиросtabilизаторах гироскопов очень мал, и его влиянием на процесс стабилизации пренебрегают. В данных видах стабилизаторов гироскопы являются измерителями отклонения от требуемого положения, а сама стабилизация осуществляется двигателями. Такие стабилизаторы представляют собой системы автоматического управления [1].

Двухосные гиросtabilизаторы выполняются на основе карданова подвеса, внутренняя рама которого представляет собой платформу, на которой закрепляются объект стабилизации и датчики угловых параметров движения. 3D-модель одноканального гиросtabilизатора по углу тангажа приведена на рис. 1.

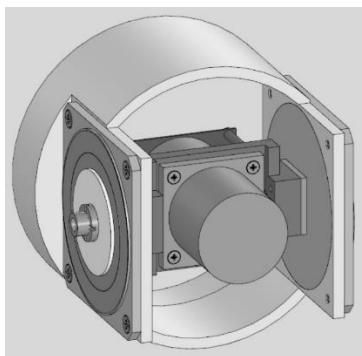


Рис. 1. 3D-модель одноканального гиросtabilизатора по углу тангажа

При отклонении платформы от заданного положения датчик угловой скорости (ДУС) вырабатывает сигнал, пропорциональный угловой скорости платформы, который подается на усилитель и двигатель стабилизации. Информацию об угле получаем путем интегрирования сигнала с ДУС.

В ходе выполнения работы было составлено математическое описание; произведен расчет возмущающих моментов: инерционный, возникающий от вращения основания; инерционный, возникающего от колебаний основания; момент трения в подшипниках; момент от остаточной несбалансированности; момент тяжения токоподводов; демпфирующий момент. Получены передаточные функции, по которым можно определить ошибку, вызванную вращением основания; ошибку, вызванную вязким трением при колебаниях основания; ошибку, обусловленную сухим трением при колебаниях основания.

Проведен синтез, в результате которого получены передаточные функции корректирующих устройств и построены ЛАЧХ разомкнутой и замкнутой системы, по которым определены запасы устойчивости. Проведено моделирование, в результате которого определено время переходного процесса $t_{пп} = 0,02$ с, ошибка на нарастающее воздействие $\varphi = 0,05^\circ$ и ошибка на качку основания $\Delta\varphi_{\max} = 0,015^\circ$. Величина перерегулирования составляет $\sigma = 0$ %. Также рассчитаны параметры элементов электрической схемы системы управления гиросtabilизатора.

Литература

1. Распопов, В. Я. Теория гироскопических систем. Гиросtabilизаторы: учеб. пособие / В. Я. Распопов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. – 388 с.

УДК 629.05

ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПАС ДЛЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Каликанов А. В.

Кандидат техн. наук Погорелов М. Г.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Важной составляющей навигационного оборудования, применяемого в гражданских беспилотных летательных аппаратах, являются система его ориентирования в пространстве по углам курса, тангажа и крена. Особенно актуальным является применение такой системы в условиях автономного движения при отсутствии или кратковременной потере сигналов спутниковой навигационной системы. В частности, решением такой проблемы является применение на борту летательного аппарата электронного компаса, состоящего из магнитометрических датчиков, микромеханических акселерометров и гироскопов [1; 2]. Структурная схема построения электронного компаса показана на рис. 1.

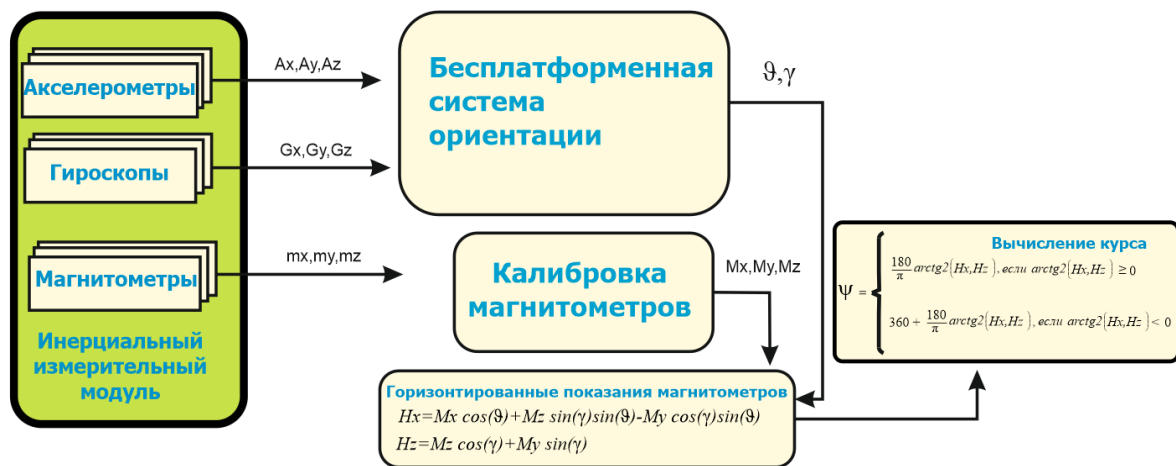


Рис. 1. Структурная схема построения электронного компаса

При этом, точность и эффективность электронного компаса существенно зависит от:

- применяемой элементной базы;
- алгоритмов и методик калибровки датчиков, направленных на компенсацию неортогональностей измерительных осей и деструктивного влияния магнитных помех;
- быстродействия применяемых вычислительных алгоритмов электронного компаса.

В работе проведено исследование влияния чувствительности применяемых магнитометрических датчиков на точность вычисления углов курса. Предложена реализация оригинального алгоритма вычисления курса подвижного объекта, обеспечивающего сокращение вычислительных операций. Данный алгоритм может быть применен в микроконтроллерах с ограниченной вычислительной мощностью.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники, №ДС/112/ЛИДПИ/23/ТО от 27.09.23.

Литература

1. Погорелов, М. Г. Информационно-измерительные системы магнитометрического типа для стационарных и подвижных объектов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.11.16 / Погорелов Максим Георгиевич; [Место защиты: Тул. гос. ун-т]. – Тула, 2009. – 165 с.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022662861 Российская Федерация. Программа для вычисления параметров ориентации информационно-измерительной системой на базе датчиков микросистемного исполнения: № 2022661628: заявл. 23.06.2022: опубл. 07.07.2022 / А. В. Каликанов, М. Г. Погорелов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет». – EDN SSDIDB.

ОДНООСНЫЙ ГИРОСТАБИЛИЗАТОР

Студент гр. 140831/01 (магистрант) Пронюшкина Ю. В.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Развитие современной авиационной и ракетной техники характеризуется значительным ростом скорости, высоты полета и маневренности летательных аппаратов. Требования высокой точности стабилизации бортовых систем на заданном направлении в пространстве и тяжелые условия их эксплуатации привели к созданию гироскопических стабилизаторов. Они применяются в качестве чувствительного элемента прибора или для непосредственной стабилизации измерительных устройств на подвижном объекте. Одна из основных проблем обеспечения точности ориентации и навигации для быстровращающихся объектов состоит в уменьшении влияния погрешностей, зависящих от продольной составляющей угловой скорости, в первую очередь, ошибки масштабного коэффициента датчика угловой скорости (ДУС), ось чувствительности которого параллельна оси вращения [1].

В работе разработана схема построения изолированной от вращения бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), в основу которой положен одноосный индикаторный гиростабилизатор (рис. 1). Ось стабилизации данного гиростабилизатора совпадает с продольной осью вращающегося летательного аппарата [2].

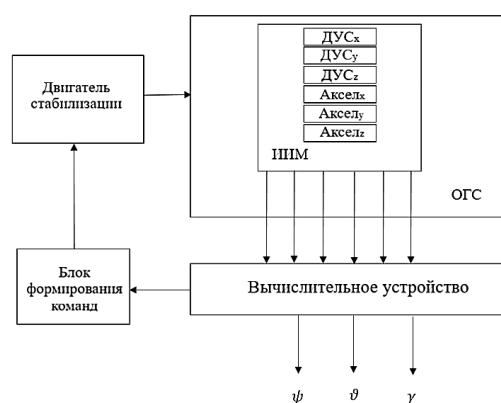


Рис. 1. Блок-схема изолированной от вращения по крену БИНС:

ИИМ – инерциальный измерительный модуль; ОГС – одноосный индикаторный гиростабилизатор;
ДУС – датчик угловой скорости

На одноосном гиростабилизаторе устанавливается инерциальный измерительный модуль (ИИМ) с гироскопами и акселерометрами. Входящий в состав ИИМ ДУС, ось чувствительности которого установлена параллельно оси стабилизации, используется как чувствительный элемент системы стабилизации платформы. Сигнал этого ДУС является входным сигналом вычислительного устройства. Блок формирования команд принимает сигналы вычислительного устройства и формирует сигнал управления двигателем стабилизации. На выходе системы – углы ориентации объекта.

Таким образом, применение изолированной от вращения по крену системы ориентации позволяет свести к минимуму влияния ошибок ДУС, зависящих от продольной угловой скорости на точности ориентации и навигации.

Литература

1. Повышение точности определения ориентации быстровращающегося объекта с помощью дополнительного одноосного гиростабилизатора / Л. В. Водичева [и др.] // Ракетно-космическая техника. Серия 11, Системы управления ракетных комплексов: научно-технический сборник. – Екатеринбург: НПО автоматики, 2011. – Вып. 1. – С.43–58.
2. Beader Mark E., Application of Roll-isolated Inertial Measurement Unit to the Instrumentation of Spinning Vehicles. – USA, 2000. – 33 p.

УДК 681

УЗЕЛ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СИГНАЛОВ ОПОВЕЩЕНИЯ РЕЧЕВОГО ОПОВЕЩАТЕЛЯ С РАДИОКАНАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Студент гр. 11301121 Пряжко А. В.
Ст. преподаватель Василевский А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель работы заключается в разработке узла записи и воспроизведения сигналов оповещения речевого оповещателя с радиоканальным управлением.

Данный узел предназначен для записи и воспроизведения звуковых оповещений и предназначен для работы в пожарных и охранных системах оповещения объектов. Этот узел состоит из семи блоков: управления (микропроцессор) [1]; ввода (по радиоканалу и по микрофону); индикации; блок вывода; операционный блок (речевая микросхема); блок питания (рис. 1) [2].



Рис. 1. Структурная схема устройства

В устройстве в качестве чувствительного элемента используются приемо-передающее устройство (ППУ) и речевая интегральная микросхема, внешнее питание идет от +24 В, сигналы обрабатываются цифровым способом с помощью микропроцессора (МП), индикация светодиодная и сопряжение с внешними устройствами через 1 канал в рамках диапазона 432–433 мГц. На ППУ будет приходиться сигнал, его обработает МП, после чего в зависимости от результата обработки на речевую микросхему будет подан сигнал воспроизведения или записи. В случае воспроизведения сигнал через усилители будет подан на динамик. Если же пришел сигнал записи, то будет подан сигнал на микрофон и в течении 20 с (если не прервать раньше) будет производиться аудиозапись. О начале записи будет информировать зажегшийся светодиод, об окончании – его моргание.

Данное устройство по сравнению с существующими аналогами, содержит микропроцессор, позволяющий при необходимости усложнять алгоритм работы узла, конструктивно прост и использует минимум элементов, что делает его экономически выгодным, позволяет записывать речевые оповещения длиной до 20 с, что значительно расширяет возможности его применения при построении сложных систем оповещения. Также оно не требует подключения соединительных и сигнальных проводов и дополнительных внешних модулей, таких как усилители мощности звуковых частот и др.

Литература

1. Микроконтроллеры серии 8051: практический подход / Ю. С. Магда. – Москва: ДМК Пресс, 2008. – 228 с.
2. Is the biggest online electronic component datasheets search engine [Электронный ресурс] // alldatasheet.com. – Режим доступа: [https:// www.alldatasheet.com](https://www.alldatasheet.com). – Дата доступа: 12.12.2023.

МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ГИРОПОЛУКОМПАС

Студент гр. 120801 Родионова В. Ю.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Наземные гирокомпасы предназначены для работы на неподвижном, относительно Земли, основании и позволяют определять ориентацию устройств и объектов различного назначения в азимуте относительно географического меридиана. В современном гирокомпасе используется трехстепенной гироскоп, гироскоп которого подвешен на торсионе. Возможен вариант построения наземного гирокомпаса на микромеханическом гироскопе. Работа предлагаемого гирокомпаса основана на измерении горизонтальной составляющей угловой скорости суточного вращения Земли [1].

Принцип действия наземного гирокомпаса основан на измерении угловой скорости микромеханическим гироскопом (ММГ), установленным на вращающемся основании в плоскости горизонта (рис. 1). Основание приводится во вращение с помощью двигателя. Угол его поворота фиксируется датчиком угла. ММГ по своим измерительным свойствам является датчиком угловой скорости, поэтому при прохождении плоскости местного меридиана будет наблюдаться максимальный сигнал в его показаниях. При реализации наземного гирокомпаса следует учитывать тот факт, что ММГ является прибором низкого класса точности, т. е. его выходной сигнал подвержен значительным помехам [2].

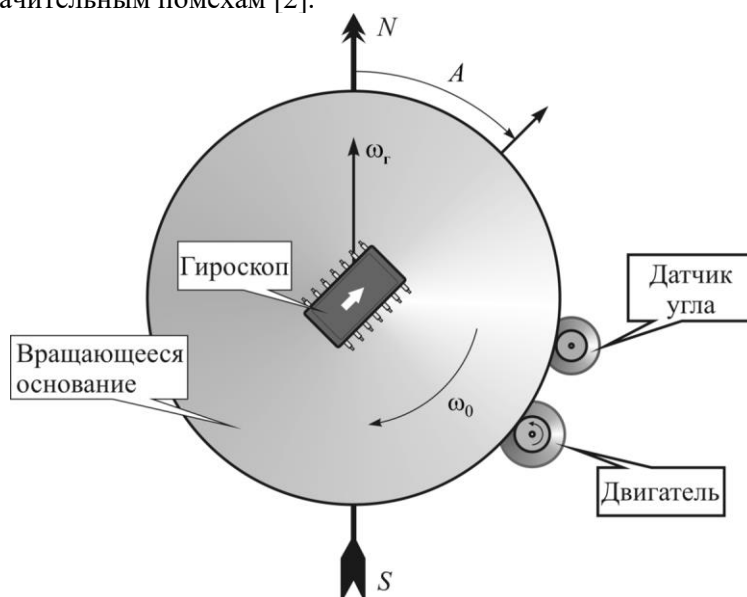


Рис. 1. Принцип построения наземного гирокомпаса

Если с помощью фильтра низких частот (ФНЧ) устранить или значительно ослабить гармонические составляющие, то можно выделить постоянную величину. Существенно, что погрешности ММГ также модулируются частотой вращения основания и могут быть устранены ФНЧ.

Литература

1. Распопов, В. Я. Теория гироскопических систем. Гиросприборы. – Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 193 с.
2. Хамидуллин, В. К. Технические средства навигации и управления движением. – СПб, 2019. – 142 с.

УДК 681

ДАТЧИК РЕГИСТРАЦИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ СТВОРА ВОРОТ ФУТБОЛЬНЫМ МЯЧОМ

Студент гр. 11904120 Салабаев А. И.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Трудно сейчас представить любую спортивную игру и спортивную тренировку без спортивной инженерии. А это, в первую очередь, наличие современных технических средств, позволяющих проводить более эффективно тренировочный процесс и более качественно судейство спортивных игр.

Цель работы состояла в оценке известных методов фиксации пересечения футбольным мячом линии ворот, подборе подходящего датчика, анализ его погрешностей и всей регистрирующей системы в целом.

В данной работе рассматривались две системы фиксации пересечения футбольным мячом линии ворот: Hawk-eye и GoalRef. Приоритет был отдан системе GoalRef как более эффективной и функциональной [1–3].

Был произведен обзор и анализ датчиков, которые можно было бы применить для фиксации пересечения футбольным мячом линии ворот: фотоэлектрические датчики, датчики по месту сканирования (датчики прямого луча, датчики отраженного луча, датчики рассеянного луча). Проведено сравнение параметров и характеристик указанных датчиков, а также особенностей их применения.

Была разработана функциональная схема устройства, в частности схема, с помощью которой измеряемая величина преобразуется в электрический сигнал. Рассматривается как действует используемый первичный измерительный преобразователь в статическом и динамическом режимах. Детально проанализирована теория внешнего фотоэффекта и теория внутреннего фотоэффекта, рассмотрено модулированное излучение, был проанализирован избыточный коэффициент усиления [4].

Анализ показал, что для того, чтобы наиболее качественно изучать и влиять на процесс тренировки футболиста лучше использовать фотоэлектрический датчик прямого луча, принцип действия которого основан на явлении внутреннего фотоэффекта.

В работе также была произведена оценка методических и инструментальных погрешностей использованной схемы измерений и проанализированы источники этих погрешностей [5].

Литература

1. Система определения гола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sport-express.ru/football/confederations-cup/reviews/sistema-opredeleniya-gola-kak-eto-rabotaet-1059800/>. – Дата доступа: 10.01.2024.
2. Датчик пересечения створа ворот футбольным мячом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://knowledge.allbest.ru/radio/2c0a65635a3ac79b5d43a88521316d37_0.html. – Дата доступа: 24.01.2024.
3. Устройство индикации взятия ворот в футболе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/200/2008055.html>. – Дата доступа: 04.02.2024.
4. Изучение закономерностей внешнего фотоэффекта. Квантовая физика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fevt.ru/load/foto/55-1-0-160>. – Дата доступа: 14.02.2024.
5. Анализ источников методических и инструментальных погрешностей ПИП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/2365180/tehnika/analiz_istochnikov_metodicheskikh_instrumentalnyh_pogreshnostey_vybrannoy_shemy. – Дата доступа: 24.02.2024.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СЪЕМА СИГНАЛА ДЛЯ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Соколов М. В.

Кандидат техн. наук, доцент Лихошерст В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Конструкция датчика угловой скорости состоит из двух идентичных элементов, один из которых показан на рис. 1. При действии угловой скорости под действием центробежного ускорения происходит перемещение грузов, приводящее к деформации торсиона. В свою очередь деформация торсиона приводит к деформации тензорезистора, на нем размещенного. Предпочтительным местом размещения тензорезисторов является плоский торсион K (рис. 1) в точке максимальной деформации. Исходя из предполагаемой конструкции датчика максимальная деформация имеет место на $2/3$ длины плоского торсиона от места заделки. Таким образом, информацией о действующей угловой скорости является сопротивление тензодатчика. Схема включения тензодатчиков и схема преобразования сигнала должны обеспечивать пропорциональность напряжения изменению угловой скорости. Для этого необходимо разработать схему получения сигналов с тензодатчиков ($U \sim R_{\text{тенз}}$).

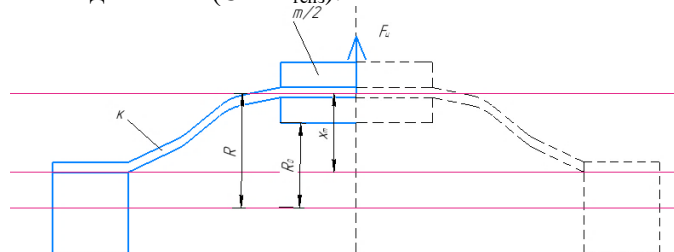


Рис. 1. Конструкция датчика

В результате анализа существующих схем получения сигнала с тензорезисторов [1] была выбрана схема «полумост» (рис. 2).

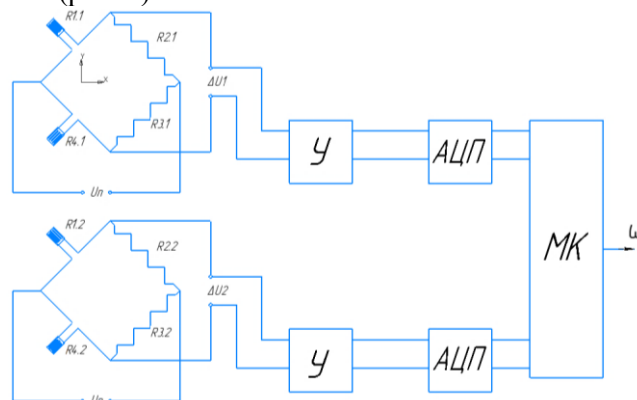


Рис. 2. Схема подключения элементов датчика

На рис. 2 $R1.1$ и $R4.1$, $R1.2$ и $R4.2$ – сопротивления тензорезисторов на первой и второй пружине соответственно, $U_{\text{п}}$ – напряжение питания моста, ΔU – напряжение на выходе первого и второго моста Уитстона соответственно. $У$ – усилители сигнала, $АЦП$ – шестнадцатиразрядный аналого-цифровой преобразователь, $МК$ – микроконтроллер, который реализует функцию преобразования напряжения в угловую скорость. Данная схема съема сигнала имеет меньшую зависимость от температурных условий и большую чувствительность к деформации на изгиб.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Мехеда, В. А. Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие / В. А. Мехеда. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.

УДК 620.178.152.342.05

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ ИНДЕНТИРОВАНИЯ

Студент гр. 11312120 Сороко Ю. Д.

Ст. преподаватель Микитевич В. А., кандидат техн. наук, доцент Тявловский А. К.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для контроля глубины внедрения индентора при измерении твердости материалов по Бригнелю использован датчик М-022-03 на основе линейного дифференциального трансформатора с цифровым выходом, соответствующим стандарту RS-232. Данный датчик обеспечивает измерение перемещений в диапазоне ± 1 мм с погрешностью $\pm 0,5$ мкм в диапазоне перемещений (0–200) мкм и $\pm 1,5$ мкм свыше этого диапазона. В энергонезависимой памяти датчика сохраняются константы его калибровки по 21 реперной точке, что позволяет компенсировать погрешности нелинейности при дальнейшей обработке выходного цифрового сигнала и тем самым повысить точность измерений.

Для наиболее эффективного использования диапазона наибольшей чувствительности и точности преобразования закрепление датчика перемещений на установке инструментального индентирования предусматривается выполнять со смещением «нуля» датчика относительно поверхности испытуемого образца с тем, чтобы диапазон возможных заглаблений индентора (односторонний) находился в пределах диапазона наибольшей чувствительности датчика (двустороннего). С учетом реализуемого датчиком перемещений протокола обмена, обобщенный алгоритм измерения перемещения индентора имеет следующий вид:

1. Перед началом процедуры индентирования управляющий микроконтроллер посредством интерфейса RS-232 передает датчику перемещений команду инициализации INIT (кадр \$49, \$4E, \$49, \$54 в кодах ASCII). Датчик перемещений передает ответный кадр длиной 176 байт, содержащий информацию о его калибровке по 21 реперной точке.

2. На основании принятых данных управляющий микроконтроллер вычисляет таблицу коэффициентов преобразования для каждого из 20 поддиапазонов измерения, образованных 21 реперной точкой.

3. Далее после каждого цикла измерения датчик перемещений передает информационный кадр MEASUREMENT длиной 12 байт, включающий заголовок (\$BF, \$B5, \$D5, \$BD в кодах ASCII) и результат измерения в виде двух чисел N_1 и N_2 .

4. Прием первого информационного кадра MEASUREMENT с сохранением результата в памяти управляющего микроконтроллера осуществляется в момент касания индентором поверхности исследуемого образца, определяемых по появлению на выходе преобразователя сигналов датчика силы отличных от нуля значений. Кадры MEASUREMENT, соответствующие нулевым показаниям датчика силы, игнорируются.

5. Величина перемещения, соответствующая содержащейся в кадре MEASUREMENT информации, вычисляется по формуле:

$$X = (N_1 - N_2) K,$$

где K – табличный коэффициент преобразования для поддиапазона значений, в который попадает вычисленная разность $(N_1 - N_2)$.

6. Глубина индентирования вычисляется как разность

$$\Delta X = X - X_0,$$

где X_0 – величина перемещения, зарегистрированная в момент касания индентором поверхности исследуемого образца.

УДК 620.178.152.342.05

ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ И УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11312120 Сороко Ю. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Тявловский А. К., кандидат техн. наук, доцент Свистун А. И.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Электронный блок обработки измерительных сигналов (ЭБО) является составной частью комплекса для исследования процессов упругопластического деформирования материалов и измерения их механических характеристик методом инструментального индентирования, предназначенного для измерения механических характеристик материалов методом инструментального индентирования, а также для изучения метода инструментального индентирования, приобретения навыков применения соответствующего испытательного оборудования и обработки результатов измерений, исследования процессов упругопластического деформирования материалов. ЭБО включает в себя электронные узлы преобразования измерительных сигналов первичных измерительных преобразователей (ПИП) силы и перемещения, узел драйвера шагового двигателя, датчики крайних положений измерительного модуля (ИМ), узел управления и связи с персональным компьютером, узел индикации, вторичный источник электропитания.

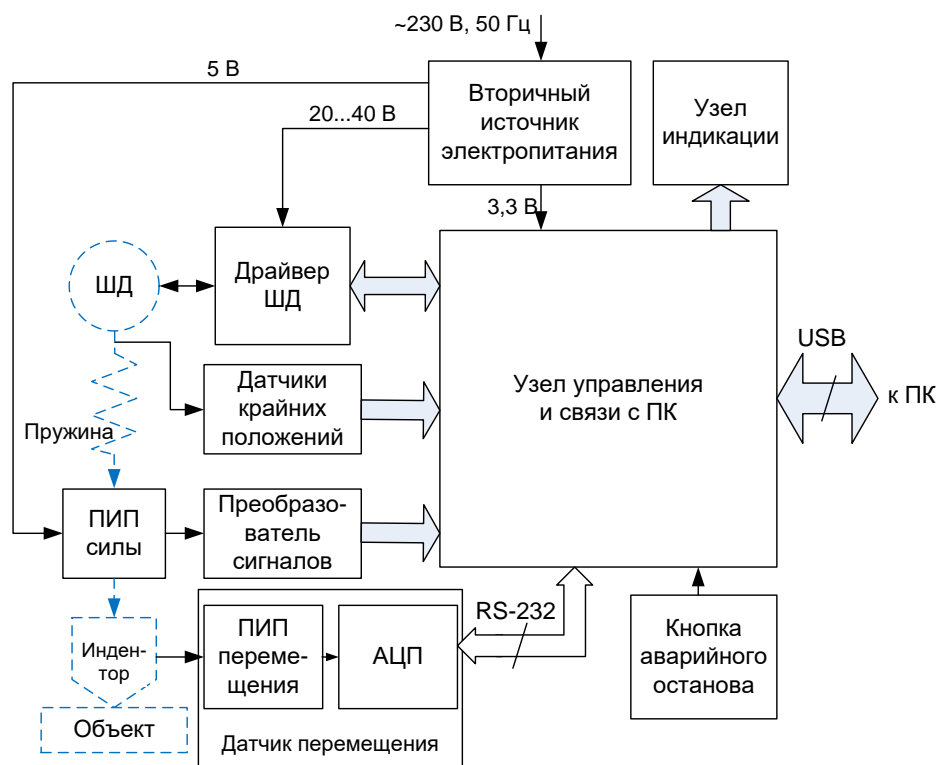


Рис. 1. Структурная схема ЭБО

По сравнению с известными лабораторными установками, реализующими метод инструментального микроиндентирования для измерения физико-механических характеристик материалов, например, *Shimadzu DUH 202*, разрабатываемое устройство за счет использования высокоточных электронных средств обработки сигнала и датчиков силы и перемещения обеспечивает возможность измерения характеристик материалов на макроуровне с нагрузкой до 2 000 Н, соответствующей нагрузке при стандартизованных измерениях твердости по шкалам Бринелля и Роквелла.

УДК 621

ТЕНЗОДАТЧИК, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В УСТРОЙСТВЕ ВЫБОРА МЯЧЕЙ В БОЛЬШОМ ТЕННИСЕ

Студент гр. 11902120 Сушкевич С. С.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В наше время спорт является неотъемленной частью жизни и нашего здоровья. Тензодатчик используется во многих тренажерах в спортивной индустрии. Он играет большую и важную роль в устройстве выбора мячей в большом теннисе, так как важно выбрать определенный мяч под определенный тип покрытия корта, начиная от травянистого и заканчивая асфальтированными покрытиями. В работе был рассмотрен тензодатчик, используемый в тензоплатформе, как полный аналог тензодатчику из устройства выбора мячей, а также был рассмотрен его принцип работы. Ниже представлена функциональная схема преобразователя. Именно по такому принципу и работает тензоплатформа.

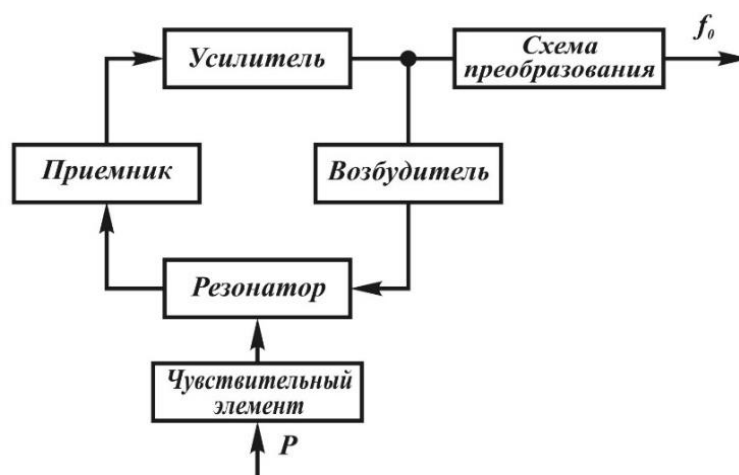


Рис. 1. Функциональная схема преобразования измеряемой величины в электрический сигнал

Тензодатчик является преобразователем величины деформации в электрический сигнал. Работу тензодатчика можно описать формулой:

$$S = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}, \quad (1)$$

где S – коэффициент тензочувствительности; ΔR и ΔL – изменение сопротивления и длины из-за воздействия внешнего деформирующего усилия; R и L – сопротивление и длина датчика в отсутствие механического напряжения [1].

Коэффициент тензочувствительности считается безразмерной величиной, и поэтому он может быть как положительный, так и отрицательный. Величина номинального сопротивления тензодатчика находится в пределах от 50 до 1 000 Ом.

В работе произведен также анализ источников методических и инструментальных погрешностей выбранной схемы преобразования измеряемой величины в электрический сигнал.

Литература

1. Тензодатчик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vse-elektrichestvo.ru/elektromontazh/kipia/kak-rabotaet-tenzodatchik.html>. – Дата доступа: 02.02.2024.

УДК 681.2.084

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ ПРОСТРАНСТВА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Аспирант Третьяк И. Б.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Антошин А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Получение моделей пространственных областей сложной формы с помощью графических программных продуктов позволяет выполнить количественную оценку полученной геометрии с высокой степенью точности.

Такие исследования актуальны при совершенствовании конструкции дымовой камеры пожарных извещателей, на качество работы которых оказывают огромное влияние размеры, форма и взаимное расположение внутренних элементов [1]. При этом ставится задача повышения устойчивости извещателя к ложным срабатываниям и упрощение технологии его изготовления.

Дымовая камера является основным рабочим элементом извещателя, в ней с помощью источника и приемника света формируется чувствительная область, работающая на рассеяние при попадании дыма. Также на формирование чувствительной области оказывают влияние форма и ориентация светового потока излучающей поверхности, угол зрения фотоприемника, наличие диафрагм, экранирующих перегородок, поглощающих и отражающих элементов стенок, низа и верха камеры [2].

С помощью твердотельной модели планируется исследование распространения световых потоков внутри дымовой камеры пожарного извещателя: влияние взаимного расположения источника и приемника света; изменение формы излучаемых и принимаемых потоков излучения элементами камеры; возможность применения нескольких источников или приемников.

Основную сложность составляет получение трехмерной пространственной фигуры, являющейся результатом взаимодействия вышеперечисленных факторов.

Предлагается за основу создания управляемой модели принять принцип пересечения конусов, имитирующих световые потоки, а полученный результат дополнить, последовательно вводя элементы, влияющие на распространение света в дымовой камере.

Для получения основной фигуры пересечения, конус, имитирующий источник излучения выполнен в виде твердотельного объекта, а конус угла зрения фотоприемника – в виде пространства, окружающего конус приемника с заданными параметрами. Телесный угол конусов можно изменять, задавая технические характеристики существующих компонентов.

Конуса вершинами расположены на окружности, размером которой можно управлять. Также можно изменять угол расположения между конусами. Можно применять несколько положительных или отрицательных конусов, имитируя несколько источников и приемников излучения, а влияние входных и выходных диафрагм и экранирующих элементов выполнить в виде отсекающих поверхностей.

Оценку результатов можно получить, анализируя размеры области с помощью описанных через вершины окружностей, замера линейных размеров и вычисления объема. Применение таблиц управляющих параметрами взаимодействующих элементов и сводных таблиц результатов дает возможность автоматизировать измерения и с помощью аппроксимации получить зависимости, которые использовать для дальнейших исследований.

Литература

1. Неплохов, И. Развитие дымовых извещателей / И. Неплохов. – М: Грани безопасности. – № 5 (53). – 2008. – С. 22–25.
2. Антошин, А. А. Конструкция точечных оптико-электронных дымовых пожарных извещателей и ложные срабатывания / А. А. Антошин, И. Б. Третьяк // Приборостроение-2023: материалы 16-й международной научно-технической конференции, 15–17 ноября 2023 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев (пред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2023. – С.304–305.

УДК 629.783

ОРИЕНТИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Мл. научный сотрудник Хомячкова А. Н.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Основным источником энергии на малых космических аппаратах (МКА) являются солнечные панели, от эффективности работы которых зависит функционирование всех бортовых систем.

В работе рассматриваются способы ориентирования солнечных панелей жестко связанных с корпусом МКА. Обычно солнечные панели устанавливаются на две противоположные стороны корпуса МКА. В предлагаемом способе солнечные панели помимо основной функции являются еще и датчиками освещенности. Поток излучения падает на плоскость солнечных панелей, вызывая тем самым генерацию напряжения. Если поток их облучает неравномерно, то это является информацией о том, что их плоскости нефронтальны к направлению на Солнце. Это можно использовать как сигнал рассогласования для системы угловой ориентации МКА.

В работе приводятся результаты испытания макета МКА с установленными на него солнечными панелями. Излучение Солнца имитировалось лабораторным источником света. В качестве органов управления МКА использовался двигатель-маховик. На рис. 1 представлены сигналы, снимаемые с солнечных панелей и их разностный сигнал при периодической засветке.

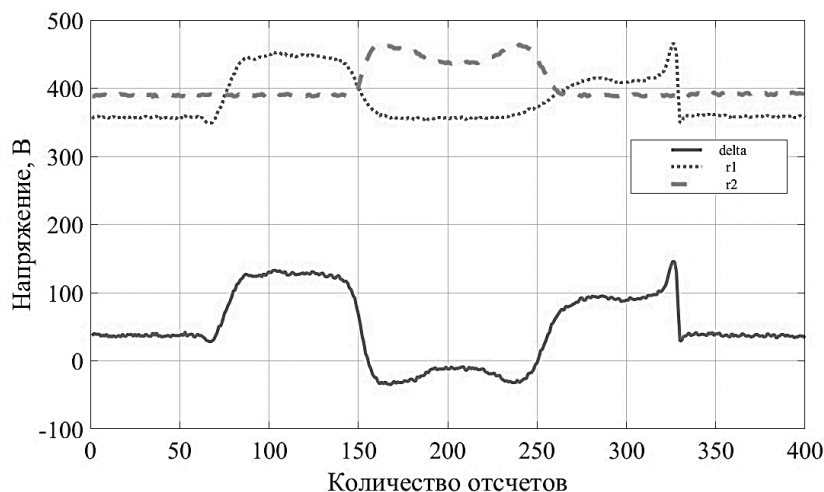


Рис. 1. Сигналы, снимаемые с солнечных панелей: r_1 и r_2 – данные, снимаемые с первой и второй солнечной панели, $delta$ – разностный сигнал

Результаты экспериментальных исследований подтвердили работоспособность предлагаемого метода, который может использоваться на МКА с жесткой установкой солнечных панелей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-002.

Литература

1. Черемухин, Г. С. Приборы ориентации на Солнце. – М.: Техпромиздат, 1998 – 342 с.
2. Матвеев, В. В. Мобильные устройства в научно-исследовательской и экспериментальной работе / Н. И. Жданова, Н. А. Сушков / Под общей редакцией к.т.н., доц. Матвеева В. В. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. – 109 с.

УДК 681

ИЗМЕРЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ

Студент гр. 11312120 Цеханович И. Д.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь.

Металлические трубы трубопроводов со временем подвергаются коррозии, поэтому необходим постоянный контроль их остаточной толщины в процессе эксплуатации.

В процессе эксплуатации возможен только контроль в условиях одностороннего доступа к объекту. Такой контроль обеспечивается ультразвуковой толщинометрией.

Ультразвуковой контроль остаточной толщины труб в Республике Беларусь осуществляется ультразвуковыми толщиномерами типа БУЛАТ-1С, ТУЗ-2 производства Российской Федерации.

Целью работы является разработка алгоритма контроля остаточной толщины труб с использованием УЗТ.

Алгоритм разработан на основе методики, изложенной в ГОСТ EN 14127-2015.

Методика включает в себя следующие этапы: подготовка поверхности объекта контроля, нанесение контактной жидкости, настройка толщиномера, измерение толщины, сравнение с требованиями к остаточной толщине, оценка погрешности, оформление отчета.

Алгоритм контроля представлен на рис. 1:



Рис. 1. Алгоритм контроля

Вывод: таким образом в результате выполнения научно-исследовательской работы разработан алгоритм контроля остаточной толщины металлических труб с использованием ультразвуковых толщиномеров типа БУЛАТ и ТУЗ.

УДК 532; 614.8

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДНОЙ ЧАСТИ УСТАНОВОК ВОДЯНОГО И ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Магистрант Шабан Е. И.

Кандидат техн. наук, доцент Мисюкевич Н. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Методика расчета установок водяного и пенного пожаротушения, приведенная в строительных нормах СН 2.02.03 [1], имеет ряд существенных недостатков, затрудняющих ее использование при проектировании установок и гидравлическом расчете трубопроводной сети. Она не дает представления о том, каким образом задать начальные условия для расчета и выбрать ороситель в наиболее удаленной (диктующей точке) трубопроводной сети установки пожаротушения.

Расход оросителя должен удовлетворять требованиям тактики пожаротушения, и каждая точка защищаемой поверхности должна орошаться с интенсивностью не ниже минимально необходимой для достижения эффекта тушения. Вид огнетушащего вещества (вода или пена) выбирается в зависимости от свойств веществ и материалов, подлежащих тушению [1].

Недостаток применяемого подхода заключается в том, что, с одной стороны, реальный расход раствора, даже при уменьшенной расчетной интенсивности, может оказаться удовлетворяющим тактическим соображениям и будет выше необходимого, что кажется положительным. Однако, это приведет к более быстрому расходу огнетушащего вещества и ограничению времени тушения менее требуемого, что никак нельзя считать положительным. С другой стороны, реальный расход раствора может оказаться недостаточным, что не может обеспечить минимально необходимую интенсивность тушения. То есть в любом случае возникает неопределенность по интенсивности подачи и требуемому количеству огнетушащих веществ для тушения, которые должны храниться в резервуарах на нормативное время пожаротушения.

Реологические свойства неньютоновских жидкостей имеют первостепенное значение на изменение гидродинамического сопротивления.

Основной задачей при изучении поведения и движения различных неньютоновских жидкостей является снижение гидродинамического сопротивления и определение природы этого явления, нахождения границ и условий применения в каждом конкретном случае.

Из ряда неньютоновских жидкостей особое внимание уделено «псевдопластичным» жидкостям.

Высокомолекулярные полимеры и поверхностно-активные вещества, входящие в состав многих пенообразователей, могут значительно изменять гидродинамическое сопротивление, влияя на пропускную способность и эффективность систем пожаротушения.

Снижение гидродинамического сопротивления систем пожаротушения может значительно повысить эффективность их работы и снизить энергозатраты.

Разработанная методика расчета отличается от изложенной в действующих технических нормативных правовых актах тем, что в ней приведены дополнительные положения позволяющие:

1. Учитывать реологических свойств неньютоновских жидкостей и точно определить значения гидравлических сопротивлений по длине при расчете трубопроводной части автоматических установок пенного пожаротушения.

2. Определять минимально необходимый расход из оросителя в диктующей точке. При результатах расчета, дающего значение менее нормативного, расход может быть обеспечен за счет увеличения давления выше минимально необходимого во избежание перерасхода огнетушащего вещества.

Результаты исследований могут быть использованы при проектировании стационарных систем пожаротушения для улучшения технических показателей и уменьшения экономических затрат. Снижение гидродинамического сопротивления систем пожаротушения может значительно повысить эффективность их работы и снизить энергозатраты.

Литература

1. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 16.08.2020. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 100 с.

УДК 681

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ИЗ АЛЮМИНИЯ

Студент гр. 11312120 Щербаченко А. В.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современном авиастроении широко применяются различные алюминиевые сплавы в топливных баках, авиационных колесах, гидравлических и масляных трубопроводах, топливных системах, системах терморегулирования, силовом наборе планера.

Целью работы является разработка алгоритма рентгенографического контроля сварных соединений изделий из алюминия.

В качестве источника рентгеновского излучения можно использовать РАП 160-5 – универсальный переносной рентгеновский аппарат постоянного потенциала направленного действия.

Регистрация изображения осуществляется на пленку Agfa D4-D7 в зависимости от толщины изделия. Для выбора правильного времени экспозиции используют номограммы.

На рис. 1 приведен алгоритм контроля сварных соединений изделий из алюминия.

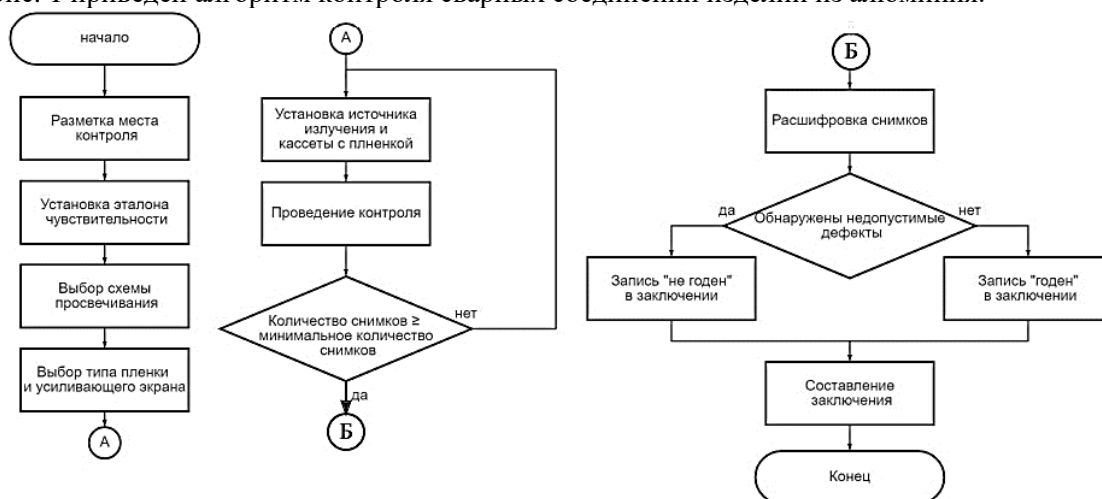


Рис. 1. Алогоритм контроля

Разработанный алгоритм контроля позволяет обнаруживать все критические деффекты сварных соединений изделий из алюминия.

СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ

УДК 615.472.3-047.84

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИРУРГИЧЕСКОГО СКАЛЬПЕЛЯ

Студенты гр. 11307122 Андрушкевич И. В., Добровольская Е. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Медицинские скальпели бывают общехирургические и специальные (офтальмологические, нейрохирургические и др.) [1]. Дизайн и размеры скальпелей разнообразны в зависимости от структуры и функции разреза, для выполнения которого они предназначены.

Существует два основных подхода к производству скальпелей: первый – изготовление многоцветных инструментов, и второй – производство одноразовых инструментов. В настоящее время для изготовления офтальмологических скальпелей применяются металлические сплавы и синтетический алмаз. Алмазное лезвие очень прочное, долго сохраняет остроту, может использоваться многократно, однако основными его недостатками являются сложность изготовления, дороговизна и специальные условия ухода и стерилизации. Чаще всего для изготовления металлического скальпеля используется сталь. В основном режущие хирургические инструменты изготавливаются по технологии механического формообразования с применением механической обработки режущих кромок. Первоначальная острота стального скальпеля во многом зависит от способа его заточки и в большинстве случаев ограничена степенью «вырывания» частиц металла из заготовки при абразивной обработке режущей кромки.

Все более популярными становятся одноразовые скальпели, поскольку отпадает необходимость в стерилизации и упрощается соблюдение правил асептики. В офтальмологических операциях есть необходимость использования малых самогерметизирующихся разрезов. Известно, что чем меньше разрез, тем лучше заживляются раны и надо накладывать меньше швов [2]. Для таких разрезов используют копьевидные ножи (калиброванные микроскальпели). Острота копьевидных ножей должна быть безукоризненной. Для высокотехнологичной хирургии катаракты – ультразвуковой факоэмульсификации – применяют металлические одноразовые микроскальпели, которые прочно вошли в офтальмохирургию, вытеснив алмазные и стальные многоцветные скальпели.

Разработана и внедрена новая технология изготовления калиброванных офтальмологических скальпелей на основе современного прецизионного метода обработки металла – электрохимического формообразования [3]. Технология получения острой режущей кромки с нанопоказателями осуществляется методом электрохимической размерной обработки и заключается в электрохимическом анодном растворении материала инструмента под действием тока в среде проточного электролита на малых межэлектродных зазорах. Наклонные плоскости электродинструмента, выполненные с высокой чистотой поверхности, при вскрытии заготовки пластины образуют острую кромку. Лезвие скальпеля, являясь зеркальным отображением электродинструмента, с высочайшей точностью и чистотой поверхности повторяет всю геометрию электрода. Таким образом, бесконтактное воздействие на металл с его управляемым удалением на уровне распада молекул материала позволяет сформировать сверхострую режущую кромку. Точность и стабильность размеров контролируются на наноуровне.

Технология электрохимического формообразования медицинских инструментов является перспективной и для областей микрохирургии и общей хирургии, поскольку позволяет получить острый и качественный инструмент любой формы с высокой точностью и повторяемостью при невысоких производственных затратах.

Литература

1. Хирургический инструментарий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/16858939/page:7/>. – Дата доступа: 05.03.2024.
2. Горбань, А. И. Микрохирургия глаза / А. И. Горбань, О. А. Джалиашили. – Л.: Медицина, 1982. – 248 с.
3. Офтальмологические калиброванные микроскальпели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/oftalmologicheskie-kalibrovannye>: – Дата доступа: 05.03.2024.

КРОВАТЬ-КАНТОВАТЕЛЬ ДЛЯ ОБЕЗДВИЖЕННОГО БОЛЬНОГО

Студенты гр. 11307221 Балеvский И. А., Охремчик В. А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В следствии некоторых заболеваний или полученных травм не редко пациенты оказываются в лежачем положении без возможности двигаться. Такое положение часто ведет к образованию пролежней. Пролежни – это ограниченное повреждение кожи с вовлечением на определенном этапе подлежащих структур, которое обычно развивается в зонах, где костная ткань образует выступы. В основе образования пролежней лежит механическое давление, которое оказывается на ткани в течение продолжительного отрезка времени [1].

Для предотвращения образования пролежней существуют различные средства реабилитации, такие как кровати – кантователи (рис. 1, б), противопролежневые матрасы (рис. 1, а), матрасы противопролежневые с микросферами (рис. 1, в).

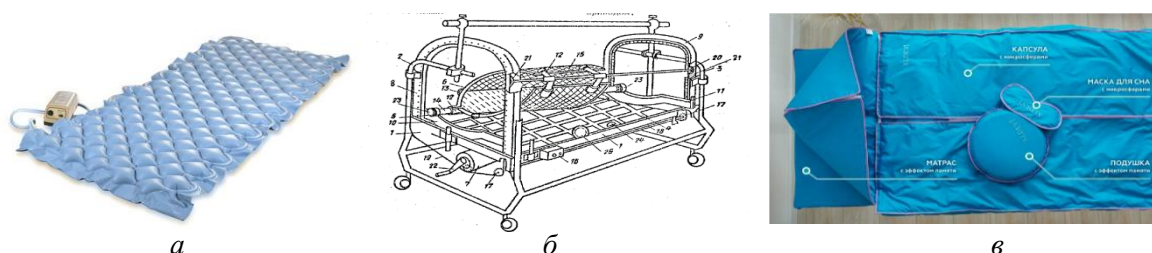


Рис. 1. Противопролежневый матрас (а); кровать Бызова с переворачивающимся ложем (б); матрас противопролежневый с микросферами (в)

Изделие, показанное на рис. 1, а состоит из накладного матраса, который обеспечивает переменное давление на кожу, и блока управления. Матрас изготовлен из гипоаллергенного и экологически безопасного для кожи материала пригодного для стирки. Матрас состоит из 124 маленьких, имеющих форму пчелиных сот воздушных камер. Матрас позволяет регулировать давление с учетом веса пациента. Через насос подается воздух, который поддерживает давление в двух контурах матраса [2].

Во второй конструкции предусмотрено переворачивающееся ложе. Пациент фиксируется с помощью двух щитов. При помощи рельс и направляющих на спинках возможно перевернуть пациента на 180° [3].

Особенностями третьей конструкции являются легкость, водонепроницаемость, возможность поглощать и распределять ударные нагрузки, антисептический и антиаллергический эффект и наличие микросфер. Благодаря микросферам в матрасе создается эффект псевдожидкости [4].

Данные средства реабилитации предназначены для предотвращения образования пролежней, но не решают ее окончательно. Проблема недостаточно изучена и требует разработки методов и средств препятствующих образованию пролежней.

Литература

1. СМ-Клиника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.smclinic.ru/diseases/prolezhi/>. – Дата доступа: 29.02.2024.
2. Патент СССР № SU1243724A1. Кровать Бызова с переворачивающимся ложе // Патент СССР /№ 3791268. 1984 / Бызов Б. И. – 1986.
3. Прокат всем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prokat-vsem.by/medicinskietovary/matrasy-protivoprolezhnevye>. – Дата доступа: 29.02.2024.
4. Здоровый мир ALDEVI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zdorovmir.com/catalog/detail/matras-iz-eva-eva-s-mikrosferami-aldevi>. – Дата доступа: 29.02.2024.

УДК 67.02; 004.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРСЕТОВ ТИПА ШЕНО

Студенты гр. 11307220 Бондаренко В. А., гр. 11307120 Храмова А. С.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время здоровье позвоночника и проблемы осанки стоят как никогда остро в связи с распространением сидячего образа жизни среди всех групп населения и частого использования гаджетов, что провоцирует развитие таких заболеваний, как сколиоз и патологический кифоз. Помимо операционного вмешательства для их лечения в ряде случаев применяют корсетирование – использование в терапии корригирующих корсетов (корсетов типа Шено), которые благодаря наличию точек давления и зон разгрузки позволяют корректировать существующие деформации.

Корсеты – индивидуальные изделия, проектируемые строго в соответствии с параметрами конкретного пациента. Для этих целей используют современные 3D-технологии, а именно метод 3D-оцифровки – преобразование реальных физических объектов в их цифровую форму. Оцифровка происходит 3D-сканированием человеческого тела активной триангуляцией (структурированным светом), которое впоследствии служит для моделирования корсета. Этот метод 3D-оцифровки основан на получении координат точек, представляющих поверхность сканируемого объекта (облако точек) или компонента, путем передачи световых паттернов от светового проектора на поверхность сканируемых объектов. Узоры на поверхности фиксируются датчиками камер (ССD (устройство с зарядовой связью) или CMOS (комплементарный металлооксидный полупроводниковый датчик), и точное положение является основой для создания индивидуального изображения [1].

Помимо 3D-оцифровки при изготовлении корсетов применяют методы аддитивного производства – послойное создание изделий. В основном это селективное лазерное спекание, селективное лазерное плавление, полиструйное моделирование, стереолитография и моделирование наплавленного осаждения. Остановимся подробнее на моделировании направленного осаждения (далее МНО), используемом для изготовления индивидуального ортопедического корсета. МНО является одним из наиболее распространенных методов аддитивного производства. Расплавленные термопластичные волокна выдавливаются из наконечника нагретого сопла, которое перемещается по осям X и Y. Тонкие волокна осаждаются на платформу со значительно более низкой температурой, что обеспечивает быстрое охлаждение расплавленного термопластика. После того, как платформа была уменьшена до точно определенной толщины одного слоя, наносится другой слой. Таким образом создается компонент. Высота отдельных слоев колеблется от 0,05 до 0,3 мм, в зависимости от требований к качеству материала [1; 2].

Преимуществами данных технологий являются повышение скорости изготовления изделия из-за автоматизации производства, точности получаемых моделей пациентов, снижение расходов материалов, улучшение эстетических характеристик изделия по сравнению с изготовленными вручную. Недостаток – ограниченный доступ к программам такого рода. Однако с развитием инженерного образования в Республике Беларусь и импортозамещения, велика вероятность создания отечественных приложений моделирования на базе площадок типа Компас-3D, SolidWorks, Rodin4D и т. д.

Литература

1. Design and manufacture of orthopedic corset using 3D digitization and additive manufacturing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/329325791_Design_and_manufacture_of_orthopedic_corset_using_3D_digitization_and_additive_manufacturing. – Дата доступа: 06.03.2024.
2. Применение современных 3D-технологий корсетирования по типу Шено при лечении идиопатического сколиоза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sko-liose.ru/articles/primenenie-sovremennykh-3d-tekhnologiy-korsetirovaniya-po-tipu-sheno-pri-lechenie-idiopaticheskogo-s/>. – Дата доступа: 07.03.2024.

СТЕНД КОНТРОЛЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ТОРЦЕВЫХ КЛАВИШ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА

Студент группы 11302120 Брезин Д. М.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цикл разработки сотового телефона начинается с создания дизайна. Уже в этот момент отдельные элементы проходят предварительное тестирование, подбирается пластик, оценивается толщина устройства, совместимость материалов. В среднем телефон создается от полугода до года. За это время его элементы проходят через две сотни различных механических тестов, основная часть из них приходится на уже собранные прототипы и коммерческие образцы, которые готовы к выходу в свет. Чем тщательнее тестирование проходит на начальных стадиях создания аппарата, тем меньше проблем может быть перед запуском в продажу. Для обеспечения более качественного контроля сотовых телефонов производят их испытания в собранном виде с использованием различных приспособлений.

Назначение стенда: испытания торцевых клавиш сотовых телефонов на безотказность. Испытуемый телефон фиксируется в стенде с помощью направляющей 7 и винтовой пары 8. Направляющей 9 и винтовой парой 10 телефон подводится под поршневую пневматическую систему. Поршневой блок, который состоит из корпуса 1, поршня 2 и пружины 3, подгоняется при помощи направляющей 4 и винтовой пары 5. Блоком управления задаются требуемые значения на пневматическую систему для проведения испытания, такие как: количество нажатий, частоты нажатий, давление. После того как испытуемый телефон зафиксирован, поршневая группа подведена и на блоке управления выставлены нужные значения, начинается испытание.

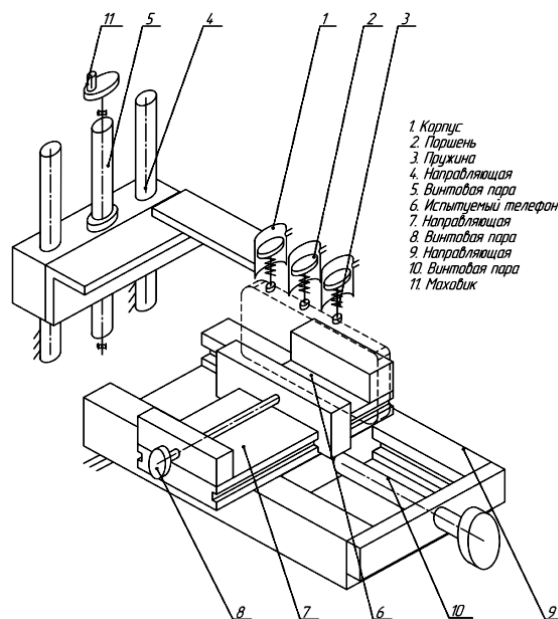


Рис. 1. Схема стенда кинематическая принципиальная

Характеристики:

- количество нажатий: 110 000 ед.;
- частота нажатий: 0,5–4 Гц;
- давление в пневматической системе: 0,4 Мпа.

После проведения испытаний, телефон подвергается внешнему осмотру на предмет целостности. Клавиша считается работоспособной при адекватной четкой реакции на ее нажатие, то есть, при нажатии на клавишу телефон должен выполнять соответствующую этой клавише функцию без какого-либо западания, задержки и т. п.

УДК 681

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ДАТЧИК ДАКТИЛОСКОПИИ МГНОВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Аспирант Войтов А. С.

Преподаватели Берник Т. С., Хлебникова Е. В.

Дактилоскопия – это идентификация человека по кожным узорам пальцев рук для идентификации личности человека. Данная процедура имеет непосредственное отношение к защите данных при хранении их на устройствах, доступ к различному виду информации, криминалистика. Распространение получили следующие виды датчиков: оптический датчик – выполненный на ПЗС-линейке, оптическим элементом является цилиндр, для получения изображения необходимо провести исследуемый объект (палец) по цилиндру. Недостатком этого датчика заключается в нестабильности срабатывания, т. к. изображение отпечатка получается пошагово; емкостной – считывает емкостной отпечаток пальца, недостаток – емкость пальца может изменяться в зависимости от температуры и прочих показателей. Эти датчики обладают общим достоинством – низкой ценой, и общим недостатком – нестабильность работы с электрической точки зрения. Третий способ заключается в получении полного изображения отпечатка пальца (фотографии) с помощью проекционного объектива и ПЗС-матрицы. Недостатком этого датчика является достаточно большие габариты и высокая стоимость изготовления. Достоинство – мгновенное полное изображение кожного узора пальца, не зависящее от внешних параметров. Целью данной работы является рациональное совмещение известных способов в один.

В разрабатываемом датчике получение изображения кожного узора пальца производится с помощью ПЗС-матрицы. Для уменьшения цены изготовления предлагается использовать достаточно известный способ получения изображения и хорошо отработанные технологии. Для уменьшения габаритных размеров можно отказаться от классического объектива, а в качестве оптического элемента использовать принцип камеры-обскура. Достоинствами данной конструкции являются небольшие габаритные размеры, а именно стремящиеся к нулю, и глубина изображения, стремящаяся к бесконечности. Недостатком является относительное отверстие, стремящееся к бесконечности. Для выполнения отверстия в камере-обскура предлагается применять технологию производства полупроводников, а именно нанесение эпитаксиального слоя германиевого или кварцевого полупроводника. При расчете использовались следующие характеристики: дифракционный кружок рассеяния приняли равным 6 мкм, габариты матрицы, вписываемые в круг диаметром 10 мм. Расчеты выполняли для следующие параметров: фокусное расстояние оптического элемента, угол поля зрения, максимальной допустимая толщина слоя полупроводника. В результате расчета диаметр отверстия составил 8 мкм, толщина полупроводникового слоя – 0,56 мкм. Все технологии напыления уже известны и не требуют дополнительной доработки. Учитывая, что слой полупроводника очень тонкий, а сам материал хрупкий для устойчивости к механическим воздействиям полупроводник предлагается напылять на стеклянную плоскопараллельную пластину, являющуюся подложкой для полупроводника. Зная, что относительное отверстие крайне мало, возникает проблема недостаточности света для получения изображения, в составе изделия предлагается использовать светодиоды повышенной яркости, направленные на объект исследования (палец). Все элементы конструкции, а именно: ПЗС матрицу, отверстие камеры-обскура и светодиоды, поместить в один корпус на предприятии-изготовителе. Предлагаемый датчик является технологичным изделием, имеющим широкие возможности применения. Предлагаемая конструкция датчика приведена на рис. 1.

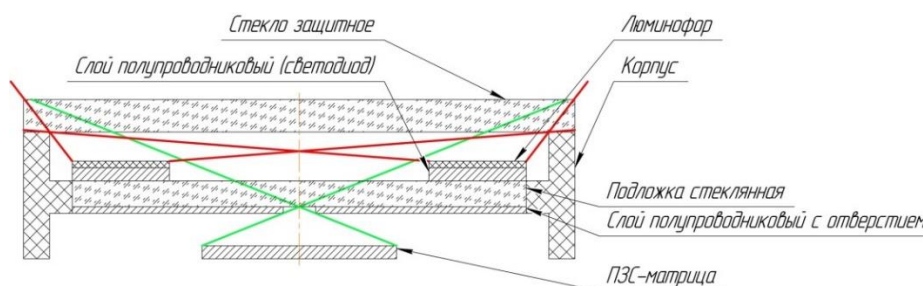


Рис. 1. Конструкция датчика

УДК 616-77, 681.2.089

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭНДОПРОТЕЗОВ СОСУДОВ

Магистрант гр. 61315023 Волкова О. Н.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В связи с ростом сердечно-сосудистых заболеваний возрастает актуальность разработки и изготовления изделий медицинского назначения для кардиохирургии, в частности, эндопротезов сосудов, изготавливаемых из материалов с эффектом памяти формы. Важными для создания материалов эндопротезов сосудов, функционирующих в условиях контакта с кровью, являются гемосовместимость (свойство материала не вызывать изменения функций крови, трансформации ее компонентов и образования тромба) и моделирование биофизических свойств и структуры живых тканей [1]. Одним из перспективных материалов для изготовления специальных эндопротезов и других изделий является никелид титана (нитинол). Эффект памяти формы заключается в том, что изделия, охлажденные ниже определенной температуры, могут быть деформированы до необходимой формы, причем эта деформация устраняется самостоятельно при нагреве изделия в интервале температур начала и конца восстановления формы. При температуре выше таковой в конце восстановления формы материал проявляет сверхупругие свойства: нелинейная деформация изделия на 8–10 %, возникающая при нагрузке, полностью устраняется при снятии внешнего воздействия [2].

Цель исследования – совершенствование имеющихся и разработка новых методик оценки параметров элементов эндопротезов сосудов из нитиноловой проволоки.

Задачи:

- изучение существующих методик оценки и выявление их недостатков;
- исследование процесса оценки жесткости элементов при различных температурах;
- разработка рекомендаций для внедрения в процесс технического контроля изделий из нитинола.

В ходе изготовления нитиноловых элементов эндопротезов сосудов возникает необходимость получения максимальной жесткости элементов при температуре человеческого тела (36,6 °С). Так как материал с эффектом памяти формы, в том числе нитинол, имеет различные механические характеристики при различных температурах, требуется обеспечить контроль жесткости при заданной рабочей температуре, что требует использования специального оборудования со стабилизацией температурного режима.

Ранее разработано устройство [3], которое позволяет контролировать жесткость элементов эндопротезов при трех значениях температур – 15 °С, 36,6 °С и 42 °С. При установке изделия в систему доставки его охлаждают до температуры ниже 15 градусов, при которой жесткость минимальная; нормальная температура человека 36,6 °С, элементы из нитинола саморасширяются; повышенная температура тела человека при заболеваниях до 42 °С, и жесткость изделия максимальная. Так как жесткость элементов зависит от температуры, ее колебания при измерении могут привести к погрешностям измерения. В ходе исследования определяется температурный диапазон стабилизации, то есть требуемая точность поддержания температуры, обеспечивающая требуемую точность контроля.

Литература

1. Штильман, М. И. Полимеры медико-биологического назначения. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 400 с.
2. Материалы медицинских стентов / И. И. Папилов [и др.]. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. – 40 с.
3. Разработка и исследование технологии формообразования изделий медицинского назначения из никелида титана с использованием дополнительных технологических факторов в рамках задания «Разработка и исследование процессов формообразования изделий медицинского назначения из сплавов с эффектом памяти формы с использованием энергетических воздействий» / [Электронный ресурс]: отчет о НИР (заключительный): ГБ 16-102 / Белорусский национальный технический университет; руководитель В. Т. Минченя; исполн.: Н. Т. Минченя [и др.]. – Электрон. дан. – Минск, 2018. – 98 с.

УДК 631.34

СИСТЕМА КОНТРОЛИРУЕМОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БЫТОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Аспирант Гусенников Е. Н.

Д-р техн. наук, профессор Юран С. И.

Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

Введение. Сегодня, когда зарубежные компании приостанавливают торговые отношения с Россией, на рынке возникают проблемы из-за высоких цен и нехватки ряда растений, в том числе экзотических [0]. Это вызвано трудностями выращивания экзотических видов растений в неблагоприятных условиях во многих регионах страны. Для решения данной проблемы была спроектирована система контролируемого выращивания растений, представляющая собой отдельную нишу в области бытового выращивания растений.

Цель проекта. Разработка аппаратно-программного комплекса, способного обеспечить благоприятные условия роста экзотических культур как в горшках, так и в пробирках, обладающего простотой, функциональностью и доступностью.

Описание системы. Устройство позволяет выращивать растения различным группам людей, включая производителей продукции растениеводства, образовательные учреждения, агрономов и любителей садоводства. Работа системы основана на использовании конфигурационных файлов настройки, регулирующих микроклимат и программу ухода за растением. Для создания данных файлов требуется квалификация специалистов в области выращивания растений. Однако благодаря распространения данных файлов через интернет, возможно расширение аудитории, путем снижения требуемых компетенций для использования устройства.

Описание устройства. Предлагаемое устройство позволяет ускорить рост трудно выращиваемых растений за счет автоматического поддержания следующих параметров внутри корпуса: температуры, влажности воздуха и почвы, содержания углекислого газа. Для удобной транспортировки и ухода за растениями предусмотрены съемные кассеты с горшками. Также благодаря универсальной конструкции имеется возможность использования кассет с пробирками для выращивания в них растений. На рисунке представлен внешний вид устройства, имеющего габариты 45×30×35 см (Ш×В×Г, соответственно).



Рис. 1. Внешний вид устройства

Преимущества системы. Устройство сочетает в себе преимущества бытовых и профессиональных технических решений. Для малого бизнеса и любителей садоводства оно предлагает простоту использования, невысокую цену, удобный форм-фактор и эстетичный дизайн. Для специалистов в области агрономии – глубокий уровень автоматизации и универсальную систему ухода. Также система обладает такими особенностями, как комбинированное выращивание в горшках и пробирках, легкий выбор настроек и унифицированный формат конфигурационных файлов.

Выводы. Рассмотренное устройство представляет собой еще одно направление в сфере выращивания продукции растениеводства, позволяющее удовлетворить потребности как агрономов-энтузиастов, так и представителей малого бизнеса. Благодаря этому оно способно занять отдельную нишу на рынке устройств контролируемого выращивания растений.

Литература

1. Оборин, М. С. Проблемы и перспективы импортозамещения в отрасли сельского хозяйства / М. С. Оборин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. – 2020. – № 2. – С. 96–105.

РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КАЧМАЖА

Аспирант Еромин Е. С.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Многие детали приборостроения, такие как зеркала для сверхжесткого ультрафиолетового излучения, зеркала лазерных резонаторов, подложки для микроэлектроники, должны иметь сверхплоские поверхности. Перспективным методом формирования таких поверхностей является магнитно-абразивная финишная обработка (МАФО). С точки зрения минимизации отклонений формы являются важными проблема обеспечения равномерного съема припуска и более общая задача корректирующей обработки, обеспечивающей съем припуска по заданному закону и компенсирующей отклонения формы, возникшие на предшествующих технологических операциях. Рассматриваемые задачи относятся к классу обратных, в которых, в отличие от прямых задач, параметры процесса обработки неизвестны и определяются исходя из требуемого закона съема припуска. Ранее нами была предложена методика решения одномерных обратных задач, основанная на их сведении к переопределенной системе линейных алгебраических уравнений, решаемой с помощью псевдообратной матрицы Мура-Пенроуза. В связи с плохой обусловленностью системы использовалась регуляризация по Тихонову. При решении двумерных задач описанный подход является нерациональным, так как из-за значительного числа уравнений псевдоинверсия матрицы становится вычислительно-затратной операцией. В данной работе рассматривается альтернативный подход к решению обратных задач МАФО, потенциально применимый для двумерных задач и основанный на использовании метода Качмажа.

Метод Качмажа относится к итеративным методам построчного действия, то есть каждая из итераций использует лишь одно уравнение системы, что позволяет уменьшить загрузку оперативной памяти. Этот метод успешно применяется для решения задач компьютерной томографии, которые обычно приводят к системам, содержащим миллионы уравнений.

На рис. 1 приведены расчетное распределение съема припуска при обработке с не зависящими от времени параметрами и расчетный график весовой функции, описывающей временную зависимость давления при обработке, обеспечивающую равномерность съема припуска.

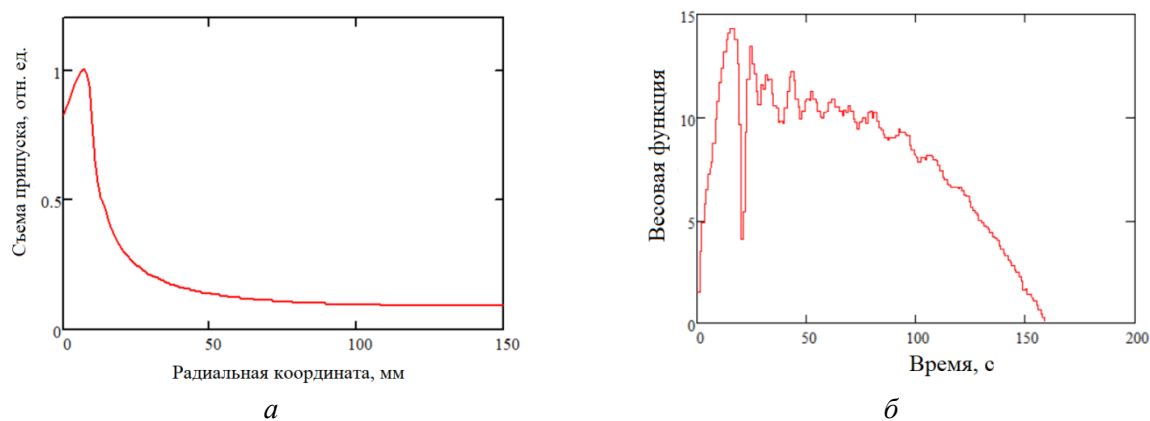


Рис. 1. Результаты расчета съема припуска и весовой функции

При моделировании предполагается осесимметричный съем припуска с вращающейся заготовки радиусом $R = 150$ мм. Центр полюсного наконечника станка для МАФО радиусом $r = 10$ мм равномерно перемещается из точки $\rho = 160$ мм в точку $\rho = 0$. Как видно, при обработке с постоянными параметрами максимальный съем припуска наблюдается вблизи центра заготовки (рис. 1, а), в связи с чем для обеспечения равномерности съема припуска по мере приближения к центру производится снижение давления на заготовку (рис. 1, б). Отклонение от равномерности съема припуска при регулировке давления в процессе обработки не превышает 1,5 %.

УДК 004.357

МИНИАТЮРНЫЙ ЧАСТОТНО-МОДУЛЯЦИОННЫЙ ЗВУКОВОЙ СИНТЕЗАТОР

Студент гр. ИУ4-41М (магистрант) Закерничный И. В.

Д-р техн. наук, профессор Семенцов С. Г.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Метод синтезирования звука с использованием частотной модуляции (ЧМ) был изобретен и запатентован в 70-х годах прошлого века [1]. Он широко применялся в музыкальных инструментах и звуковых адаптерах персональных компьютеров (ПК) несколько десятилетий. За это время было создано немало художественных произведений для конкретных интегральных схем (ИС) ЧМ-синтеза. В настоящее время для воспроизведения таких композиций на современных ПК в основном применяются программные методы (эмуляция). Используемое для этого программное обеспечение (ПО) разрабатывается лишь на основе имеющейся в свободном доступе документации и обратной разработке ИС, из-за чего возникают проблемы с точностью эмуляции, отсутствующие при аппаратном синтезе [2].

Одной из самых распространенных ИС ЧМ-синтеза является УМ2608, решения для использования которой с современными ПК уже представлены на рынке. Их объединяет высокая стоимость, большие габариты и невозможность получения отсчетов цифрового аудиосигнала напрямую от ИС [3; 4]. Последний недостаток обусловлен нестандартной частотой дискретизации ИС, что не позволяет без изменений передавать аудиоданные по существующим цифровым аудиоинтерфейсам. В одном из решений применена передискретизация [4], которую автор ранее предлагал использовать в системе, решающей другие проблемы аналогичных устройств [5]. Однако в современных условиях использование стандартных цифровых аудиоинтерфейсов и, как следствие, передискретизации необязательно. Для прослушивания в реальном времени достаточно аналогового аудиовыхода, а цифровые данные могут поступать на ПК в неизменном виде и обрабатываться программно. Следовательно, единственными обязательными требованиями к звуковому синтезатору на базе ИС ЧМ-синтеза являются аналоговый выход, управляемость современным ПК и возможность вывода цифровых аудиоданных на него.

Автором разработан миниатюрный звуковой синтезатор на базе ИС УМ2608 (развитие ИС УМ2608) [6] с интерфейсом универсальной последовательной шины (USB). Устройство состоит из ИС ЧМ-синтеза, логики синхронного сброса и тактового генератора ИС ЧМ-синтеза, ИС микроконтроллера (МК) и ИС цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) со встроенным усилителем. Малые габариты компонентов системы позволяют поместить ее в форм-фактор USB-накопителя и разместить с противоположной USB-разъему стороны 3,5 мм разъем для наушников. В качестве микроконтроллера используется ИС семейства ATSAM21, отличающаяся низкой стоимостью, достаточной вычислительной мощностью для возлагаемых задач и наличием интерфейсов USB, I²S и I²C [7].

ПО МК осуществляет получение управляющих данных с ПК и отправку цифровых аудиоданных на ПК по USB, управление ИС ЧМ-синтеза [8] и получение с нее цифровых аудиоданных по I²S, а также управление громкостью ИС ЦАП по I²C. Система представляется ПК композитным USB-устройством, состоящим из классов аудиоустройства и устройства для взаимодействия с человеком (HID), при этом установка дополнительных драйверов не требуется. Класс HID реализует протокол, совместимый с ПО «c86ctl», являющимся посредником между синтезатором и прикладным ПО. ПО «c86ctl» совместимо с существующими синтезаторами и поддерживается множеством прикладных программ, что повышает актуальность и применимость разработанного автором устройства [9].

Литература

1. Method of synthesizing a musical sound [Electronic resource]: pat. US 4018121 / John M. Chowning. – Publ. date 19.04.1977. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US4018121A/en>. – Date of access: 26.02.2024.
2. FMGEN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://retropc.net/cisc/sound/>. – Дата доступа: 26.02.2024.
3. C86BOX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://c86box.com/>. – Дата доступа: 26.02.2024.

4. G.I.M.I.C. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gimic.jp/>. – Дата доступа: 26.02.2024.

5. Закерничный, И. В. Проблема передискретизации в звуковых генераторах / И. В. Закерничный, А. Ю. Ключкий // Технические средства защиты информации: тезисы докладов XX Белорусско-российской научно-технической конференции, Минск, 7 июня 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Т. В. Борботько [и др.]. – Минск, 2022. – С. 45.

6. Yamaha LSI Data Book Ongen-hen: Dētabukku Ongen-hen Catalog No. 7610002 1994.10. – Yamaha Corporation, 1994. – P. 2-111–2-134.

7. SAM D21/DA1 Family Low-Power, 32-bit Cortex-M0+ MCU with Advanced Analog and PWM: Complete Datasheet. – Microchip Technology Inc., 2020. – 1115 p.

8. Закерничный, И. В. Метод управления звуковыми синтезаторами / И. В. Закерничный // Радиотехника и электроника: сборник тезисов докладов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель 2022 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2022. – С. 84–86.

9. C86CTL FM Sound Chip Control Library for G.I.M.I.C / C86BOX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/honet/c86ctl>. – Дата доступа: 26.02.2024.

УДК 616.24-073.43:534.7:615.47

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОНТРОЛЯ ПЕРИОДА ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА ПРИ ВОЗДУШНОЙ И КОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Студенты гр. 11302220 Занько А. И., Борисенок Р. А., Валай М. А.

Кандидат техн. наук Богдан П. С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В ряде случаев необходимо производить круглосуточный мониторинг дыхания человека. Проведение таких исследований по традиционной методике, т. е. с использованием микрофона при воздушной проводимости затруднительно. Поэтому в качестве альтернативы была исследована возможность получения акустического сигнала посредством костной проводимости, т. е. со стационарным контактом микрофона с поверхностью тела.

Звуки дыхания испытуемого были записаны в покое и после физической нагрузки в виде 15 приседаний. Для записи использовались два смартфона одинаковой модели. Запись двумя смартфонами производилась одновременно. Для исследования воздушной проводимости первый смартфон был удален на 50 мм от носа, а второй контактировал с подключичной ямкой.

Результаты одновременной записи аудиограмм и пространственно-временных распределений сигнала до и после физической нагрузки с использованием воздушной и костной проводимости одинаковыми записывающими устройствами представлены на рис. 1.

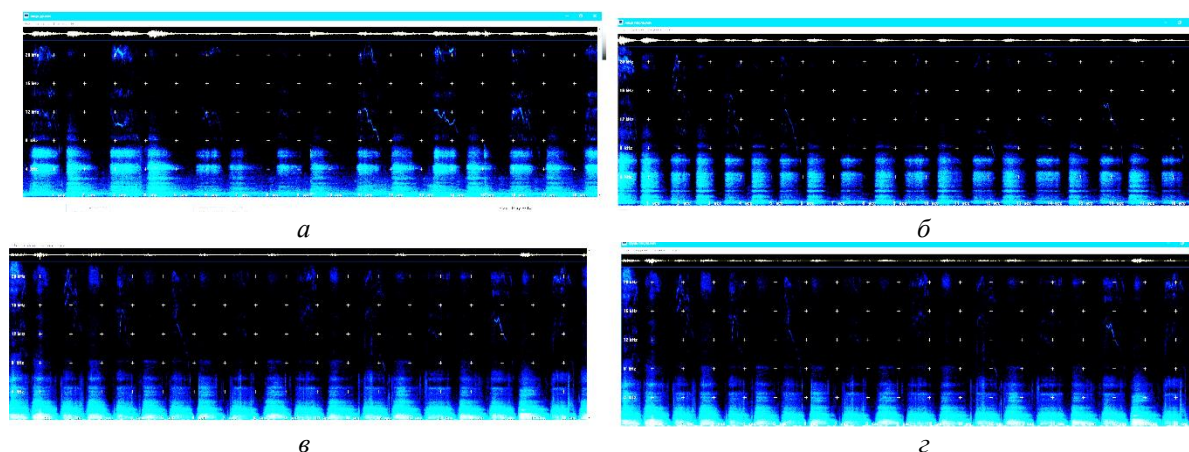


Рис. 1. Аудиограммы (сверху) и пространственно-временные распределения сигнала (снизу) до (а) и после (б) физической нагрузки с использованием воздушной проводимости, то же (в) и (г) с использованием костной проводимости

Обработка звуков дыхания осуществлялась в программах *Gram*, *Microsoft Excel*. В результате обработки было установлено, что при костной проводимости средние значения периода

дыхания оказались соответственно до и после нагрузки на 27 % и на 15,7 % больше, чем при воздушной. Это объясняется поглощением сигнала в твердых и жидких субстанциях организма и в результате ослаблением его амплитуды на выходе из тела, т. е. чувствительность микрофона при костной проводимости оказалась недостаточной для точной фиксации моментов начала и конца выдоха. При костной проводимости начало вдоха фиксировалось позже, а конец выдоха – раньше, чем при воздушной. Отсюда очевидна необходимость использования при анализе периода дыхания более чувствительного микрофона. В то же время для исследования более длительных сигналов, в том числе времени восстановления периода дыхания после нагрузки (например, 22 с в конкретном случае) относительная погрешность при сравнении результатов исследования по воздушной и костной проводимости оказалась практически равной нулю. Таким образом, для мониторинга звуков дыхания возможно использовать методику костную проводимости, устанавливая чувствительный миниатюрный микрофон в контакте с телом.

УДК 615.47

УМНЫЕ ВЕСЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ

Студент гр. МС-401 Зиёмухаммедова М. Х.

Ст. преподаватель Махмудов С. Й.

Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций в городе Ташкенте, Ташкент, Узбекистан

Интеллектуальные весы для детей с системой подогрева и измерением высоты при посадке представляют собой инновационное медицинское устройство, разработанное для обеспечения точного и комфортного измерения веса и высоты у детей. Эти весы обладают дополнительными функциями, такими как автоматическая система подогрева и измерение высоты при посадке.

Система подогрева в интеллектуальных весах для детей предназначена для создания комфортных условий при проведении измерений. Дети, особенно младенцы, могут быть чувствительны к холоду, что может вызывать дискомфорт и искажать результаты измерений. Система подогрева в весах позволяет поддерживать оптимальную температуру поверхности весов, чтобы снизить дискомфорт и обеспечить более точные результаты измерений.

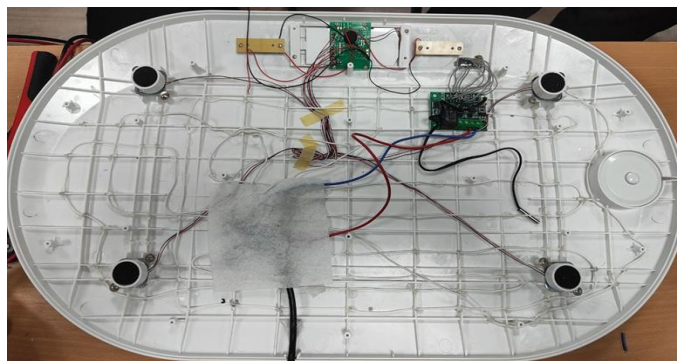


Рис. 1. Внутренний вид подогрева

Система подогрева может быть реализована с использованием нагревательных элементов, расположенных под поверхностью весов. Температура нагрева контролируется и поддерживается автоматически, чтобы предотвратить перегрев или недостаточное нагревание. Интеллектуальные весы для детей также обладают функцией измерения высоты при посадке на них. Это особенно полезно для мониторинга роста детей на регулярной основе. При посадке на весы, интегрированные сенсоры или оптические системы могут автоматически измерять высоту ребенка. Эти данные затем могут быть сохранены и использованы для отслеживания роста и развития ребенка.

Измерение высоты при посадке может быть реализовано с помощью лазерных или оптических датчиков, которые сканируют ребенка при посадке на весы и определяют его

высоту. Полученные данные могут быть отображены на экране весов или переданы на компьютер для дальнейшего анализа и хранения. Интеллектуальные весы для детей с системой подогрева и измерением высоты при посадке имеют ряд преимуществ и практических применений, так как улучшенный комфорт, точность измерений, удобство использования, мониторинг роста и развития, медицинские и исследовательские цели, персонализированный мониторинг и предупреждение о возможных проблемах.

Интеллектуальные весы для детей с системой подогрева и измерением высоты при посадке представляют собой инновационное решение, которое сочетает в себе удобство, точность и комфорт при измерении веса и высоты у детей. Эти весы могут быть полезными для родителей, медицинского персонала и исследователей, способствуя более эффективному мониторингу роста и развития детей.

Литература

1. Ливенсон А. Р. Электромедицинская аппаратура. – М., 1981.
2. Кромвелл Л. Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения. – Радио и связь, 1981.

УДК 620.192.41

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МНОГОПАРАМЕТРОВЫХ МЕТОДОВ СТРУКТУРОСКОПИИ

Магистрант гр. 7-06-0716-03 Зикеев К. А.

Кандидат техн. наук, доцент Бурак В. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Использование многопараметровых методов в неразрушающем контроле является одним из способов решения задач, которые невозможно решить с помощью однопараметрового контроля по стандартным магнитным свойствам. Такой подход соответствует одной из областей развития магнитных технологий контроля и диагностики. В общем случае различают два основных направления дальнейшего развития магнитного неразрушающего контроля:

1. Установление новых информативных параметров для контроля и разработка с их использованием методик и средств измерения.
2. Комплексный контроль, использующий одновременно несколько связанных статистически магнитных свойств.

Поиск новых информативных параметров, которые дают необходимую и достаточную точность и надежность контроля, уже хорошо себя зарекомендовал и широко используется, а развитие комплексной структуроскопии в настоящее время определяется как усложнением задач контроля, так и быстрым прогрессом в сфере компьютерных технологий для сбора и анализа данных.

Использование нескольких магнитных величин при решении задач магнитной структуроскопии позволяет расширить перечень решаемых вопросов, в то время как практика показывает, что, например, измерение только коэрцитивной силы или намагниченности насыщения часто не дает полной картины о структуре ферромагнитного материала. Идеальный набор для построения многопараметровой модели должен содержать минимальное количество легко измеряемых параметров, необходимых для надежного контроля. Следовательно, для разработки новой методики комплексного контроля критически важен тщательный подбор оптимального набора параметров.

При использовании метода, основанного на многопараметровых моделях, необходимо составить полный список возможных параметров для магнитного контроля. Анализируя этот список, необходимо в первую очередь исключить те параметры, которые невозможно измерить на объекте контроля. Затем исключаются те параметры, для которых характерно отсутствие линейной или однозначной зависимости на контролируемые изменения с достаточной, то есть превышающей в несколько раз погрешность измерения, чувствительностью.

Таким образом, ключевые аспекты построения многопараметровой модели должны быть следующими:

1. Использовать параметры, чувствительные как к структурным, так и к фазовым изменениям.
2. Отсутствие линейной корреляции между параметрами.
3. Высокая чувствительность и точность измерений, а также простота в использовании.

Первый критерий диктуется стремлением к обеспечению точности в решении широкого спектра задач структуроскопии. Второй основан на предположении, что, если свойства тесно связаны линейной корреляцией, их информационная ценность схожа, и следует выбирать для контроля ту характеристику, которая измеряется проще. Третий подразумевает, что нет целесообразности в использовании параметра для контроля, если он не может быть определен на объекте исследования.

Литература

1. Многопараметровые методы структуроскопии стальных изделий с использованием магнитных свойств вещества / В. Н. Костин [и др.] // Дефектоскопия. – 2004. – № 1. – С. 69–82.

УДК621.327

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИСТОЧНИКОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИИ В СООТВЕТСТВИИ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ ЕСТЕСТВЕННОГО СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Студентка гр. 11307122 Иванова Е. И., магистрант гр. 61315023 Чайкова Л. Д.
Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г., кандидат техн. наук Богдан П. С.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Так как разница в спектральном составе искусственного и естественного излучения может неблагоприятно влиять на здоровье человека [1], целесообразно регулировать параметры искусственного освещения во времени с учетом параметров естественного и состояния человека [2]. На рис. 1 показана схема системы регулирования спектрального освещения с учетом указанных факторов.

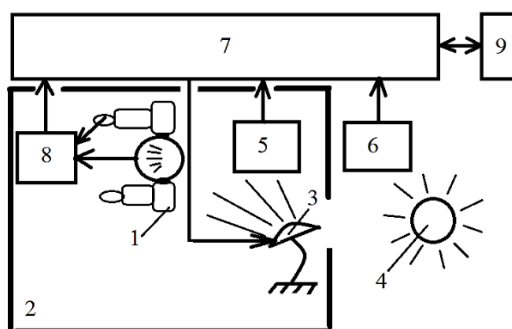


Рис. 1. Схема системы регулирования спектрального освещения с учетом параметров естественного освещения и состояния человека

На человека 1, находящегося в помещении 2 с окнами, воздействует световое излучение от искусственного источника 3 и в дневное время суток дополнительно естественное освещение через оконные проемы. Чтобы обеспечить в помещении такое же спектральное распределение излучения, как от солнца 4 вне помещения, используются датчики 5 и 6 для измерения спектрального распределения внутри и вне помещения, передающие информацию в процессорный блок 7. Туда же поступает информация с датчиков 8 состояния человека с целью корректировки спектрального излучения от искусственного источника 3 в соответствии с рекомендациями медицинских специалистов при наличии необходимости. Рекомендации вводятся в процессор 7 из базы данных 9 медицинского учреждения. После обработки данных от датчиков 5, 6, 8 процессор 7 с использованием специальной программы рассчитывает значения параметров искусственного источника 3, регулировка которых обеспечивает требуемый спектральный состав искусственного излучения.

Указанная система может также использоваться для светотерапии в домашних условиях в рамках концепции «дистанционная медицина» и для дополнения базы данных медучреждения.

Литература

1. Bailes, H. J. Human melanopsin forms a pigment maximally sensitive to blue light (lambda_{max} approximately 479 nm) supporting activation of G(q/11) and G(i/o) signalling cascades / H. J. Bailes, R. J. Lucas // Proceedings: Biological Sciences. – 2013. – Apr 3; 280 (1759): 20122987.

2. Blue light exposure decreases systolic blood pressure, arterial stiffness, and improves endothelial function in humans / M. Stern [et al.]. // European journal of preventive cardiology. – 2018. – Vol. 25 (17). – P. 1875–1883.

УДК 534.131:534-8

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ УЛЬТРАЗВУКА С ПОМОЩЬЮ ВАРИАЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Аспирант Киндрук А. Н.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для расчета и проектирования концентраторов ультразвуковых колебаний используют ряд механико-математических методов, таких как метод конечных элементов (МКЭ), метод входного импеданса, метод передаточных матриц и метод гармонического баланса (МГБ). МГБ был использован нами в предшествующих исследованиях, однако требует численного решения сложных по своей структуре интегро-дифференциальных уравнений и выполнения вычислительно-затратных операций над коэффициентами рядов Фурье, в частности, их дискретной свертки. Учитывая, что используемые в МГБ уравнения колебаний выводятся на основе фундаментальных вариационных принципов классической механики, в частности, принципа Гамильтона, перспективным подходом к расчету и проектированию концентраторов является прямое численное решение описывающей их колебания вариационной задачи. Такой подход позволяет напрямую свести вариационную задачу к системе линейных алгебраических уравнений, исключая промежуточные этапы вывода и анализа интегро-дифференциальных уравнений колебаний.

Разработанный метод расчета и проектирования включает в себя следующие этапы:

1. Составление функционала действия по Гамильтону.
2. Представление входящих в функционал амплитуд колебательных смещений в виде рядов Фурье по угловой координате.
3. Запись условий экстремума функционала, рассматриваемого как функция коэффициентов рядов Фурье.
4. Представление условий экстремума в виде системы линейных алгебраических уравнений.
5. Определение собственных частот колебаний (для задач расчета) или геометрических параметров (для задач проектирования) концентратора путем построения резонансной кривой (графика зависимости определителя системы от соответствующих параметров).

При составлении функционала действия использовались две теории изгибных колебаний (Эйлера-Бернулли и Тимошенко), отличающиеся характером учитываемых при анализе колебательных смещений и деформаций. На рис. 1 приведены расчетные резонансные кривые, полученные на основе теории Эйлера-Бернулли (рис. 1, а) и теории Тимошенко (рис. 1, б).

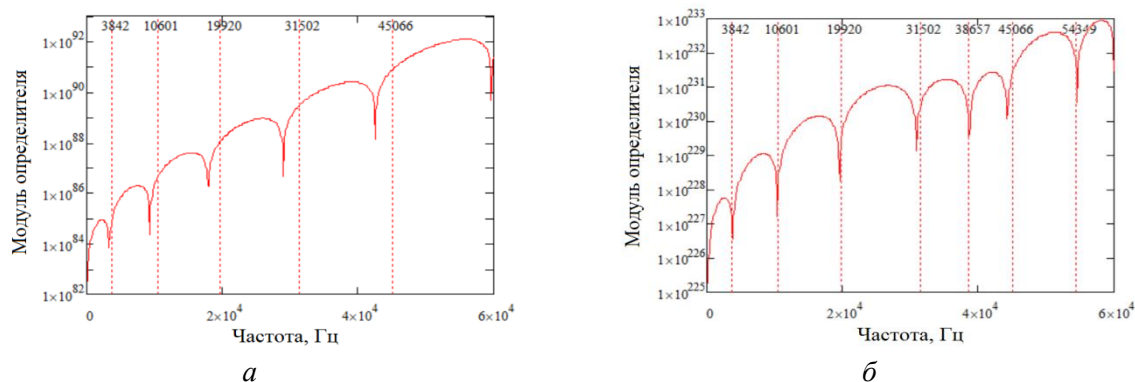


Рис. 1. Расчетные резонансные кривые концентратора

Вертикальные линии с нанесенными на них числовыми значениями соответствуют расчету с помощью МКЭ. Как видно из рисунка, расчет на основе теории Тимошенко дает более точные результаты и позволяет выявить собственные формы колебаний с доминирующей деформацией растяжения средней линии, не выявляемые при использовании теории Эйлера-Бернулли, основанной на допущении о нерастяжимости средней линии.

УДК 681

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНЕРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Учащиеся Климашевич З. Д., Болбасов Р. А., Линкевич А. О.

Заведующий лабораторией Есман Д. Ю.

УО «Национальный детский технопарк», Минск, Беларусь

Целью данной работы является создание прототипа мобильного лазерного 3D-сканера для контроля геометрии металлических деталей на производстве и возможностью сканировать отражающие поверхности (с коэффициентом отражения от 10 %).

Использование лазеров для трехмерного сканирования позволяет увеличить скорость сканирования объектов в несколько раз [1]. По результатам исследования было выявлено: применение лазерных источников в УФ части спектра повышает точность получаемых результатов при сканировании. Источники ИК части спектра позволяют сканировать отражающие (глянцевые) поверхностей металлов (табл. 1). Измерения производились на спектрофотометре РВ2201, угол падения $\alpha = 45^\circ$. Исходя из полученных измерений, мы подобрали оптимальные длины волн для источников лазерного излучения.

Оптическая схема источника состоит из: лазерного диода (480 нм и 940 нм, мощностью $P \approx 30$ мВт), дифракционного оптического элемента, объектива. Лазерный луч проходит через дифракционный оптический элемент и преобразует его в решетку, объектив проецирует ее на объекте. Отраженные лучи, при помощи объектива камеры $f = 50$ мм, $F = 2,8$, 20 МП (НК5028MP20) фокусируются на КМОП матрице с разрешением 20 МП (Sony Pregius-S IMX541-AAQJ-C), находящейся на расстоянии $L = 100$ мм от источника лазерного излучения, за счет чего изображение на матрице имеет смещение в пределах размера матриц. В устройстве используется две камеры с целью сканирования трудных поверхностей. Программный код обрабатывает получаемые данные и по математической модели вычисляет координаты для каждой точки объекта, в зависимости от засвеченного пикселя матрицы. После чего он создает облако точек, из которого получается трехмерное изображение сканируемого предмета. Для улучшения качества сканирования использоваться датчик ориентации MPU-9250, состоящий из: акселерометра, гироскопа, компаса. Он позволит определить точное направление движения прибора и расстояние его перемещения. Система управления позволяет изменять мощность лазерных диодов и управлять процессом сканирования. При помощи USB кабеля устройство подключается к ПК для передачи данных. Прибор также имеет встроенный блок электропитания на 12 V.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента отражения от длины волны излучения на поверхности металлов

Материал	При $\lambda_1 \approx 400-450$ нм, %	При $\lambda_2 \approx 900-950$ нм, %
Алюминий	10	15
Анодированный алюминий	1	2
Жесть	25	50
Свинец	8	10
Сталь	16	26
Оцинкованная сталь	49	25

Литература

- Карнаухова, О. Г. Теоретические и практические основы применения технологии трехмерного лазерного сканирования в судебной строительной-технической экспертизе / О. Г. Карнаухова, Т. Б. Дондукова, Е. М. Самусенко // Социология и право. – 2022. – Т. 14. – С. 456–466.
- 3D-технологии в современных информационных системах: теория и практика. Учеб.-метод. пособие / Кулешов С. В. [и др.]. – СПб ФИЦ РАН. СПб., 2021. – 83 с.

УДК 616.314-77:615.464

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕСЪЕМНЫХ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ

Студенты гр. 11307122 Ковалевич С. В., Каролик М. С.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время керамика играет значительную роль в протезировании. Она является необходимой частью создания нынешних методов восстановления зубных рядов в ротовой полости. Предоставленная технология возникла в конце прошлого века и теперь активно набирает популярность.

Существует три основных технологических способа обработки керамики, которые применяются в зависимости от поставленных задач. Самый распространенный способ: шликерное наложение – кашицеобразную смесь керамического порошка с жидкостью наносят на огнеупорную модель, каркас зубного протеза или подложку, после чего обжигают в зуботехнической печи. Вторым способом является прессование керамики. Технология напоминает классическое литье по выплавляемым моделям. Но заготовку не расплавляют полностью: ее разогревают до пластического состояния и прессуют под давлением в специальную форму [3]. Третий способ – фрезерование. Моделирование происходит виртуально, с помощью специального программного обеспечения CAD/CAM. Каркас зубного протеза или его целиком фрезеруют из керамической заготовки. Зубные протезы, изготовленные по разным технологиям обработки керамики, отличаются точностью размеров и прочностью материала [1].

Первоначальным этапом изготовления является осмотр стоматолога-ортопеда, который прописывает специальные стоматологические исследования, оценивает состояние полости рта и назначает какой тип протеза необходим. После обследования врач осуществляет анатомические слепки челюсти пациента [2].

Далее приступает к работе техник, он по слепкам изготавливает модель из гипса и восковой базис с окклюзионными валиками. Впоследствии модель дается врачу для оценки соотношений всех элементов челюсти между собой. После этого, модель вновь попадает к технику. Техник размещает модель в артикулятор (стоматологический аппарат, воспроизводящий смыкание челюстей), подготавливает модели обточенных зубов [1]. Моделирует коронки на опорные зубы и искусственные зубы между ними. В зависимости от того, как делается зубной протез, техник изготавливает металлические коронки литьем, керамические – прессованием, а циркониевые вытачивает на фрезерном станке. Дальше мост дается ортопеду. Стоматолог проводит примерку коронок, их припасовку. Отмечает недостатки и отдает технику для конечной обработки. Установку полируют, шлифуют. Законченный мост отправляется к ортопеду, который фиксирует его на зубах пациента [1].

Металлокерамика [3] имеет множество различных преимуществ. Она характеризуется прочностью, долговечностью, а также имеет приемлемую стоимость. Но также металлокерамика обладает и некоторыми недостатками, такими как сложность применения на передних зубах. При попадании света металл кажется полупрозрачным, и возникает визуальный дефект. По этой причине стоматологами установка таких протезов рекомендуется на зубах заднего ряда.

Литература

1. Протезирование зубов [Электронный ресурс] // ROOTT. – Режим доступа: <https://dentalroott.ru/articles/protezirovaniye-zubov/izgotovlenie-zubnykh-protezoov/>. – Дата доступа: 01.03.2024.
2. Преимущество безметалловой керамики [Электронный ресурс] // Смайлград. – Режим доступа: <https://smilegrad.by/blog/spravochnik-stomatologa/preimushchestvo-bezmetallovoy-keramiki/>. – Дата доступа: 01.03.2024.
3. Наумович, С. А. Ортопедическая стоматология. Протезирование съемными пластиночными и бюгельными протезы / С. А. Наумович, С. В. Ивашенко, В. Н. Ралло. – Минск: БГМУ, 2009.

УДК621.327

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНДЕКСА ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ БЕЛОГО СВЕТОДИОДА ОТ ТОКА ПИТАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ

Студент гр. 11302221 Ковалёнок В. М.

Кандидат техн. наук Богдан П. С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Согласно ГОСТ Р 8.827-2013 индекс цветопередачи R_a – это мера степени отклонения цвета объекта при освещении источником излучения по сравнению с цветом объекта при освещении эталонным источником излучения. Его максимум (100) соответствует солнечному освещению. Внутри помещений рекомендуются значения R_a , близкие к 90, а источники цвета с R_a , меньшим 70, могут использоваться только в случаях, когда точность передачи цвета не важна [1].

С использованием прибора Oppl Light Master III при изменении тока питания I измерялся R_a для матрицы из 55 ортогонально расположенных белых светодиодов на расстоянии 340 мм от плоскости матрицы. Измерения производились как напротив точки пересечения осей симметрии матрицы, так и со смещением на 50 мм вверх, вниз, влево и вправо относительно точки пересечения. Результаты исследований представлены на рис. 1.

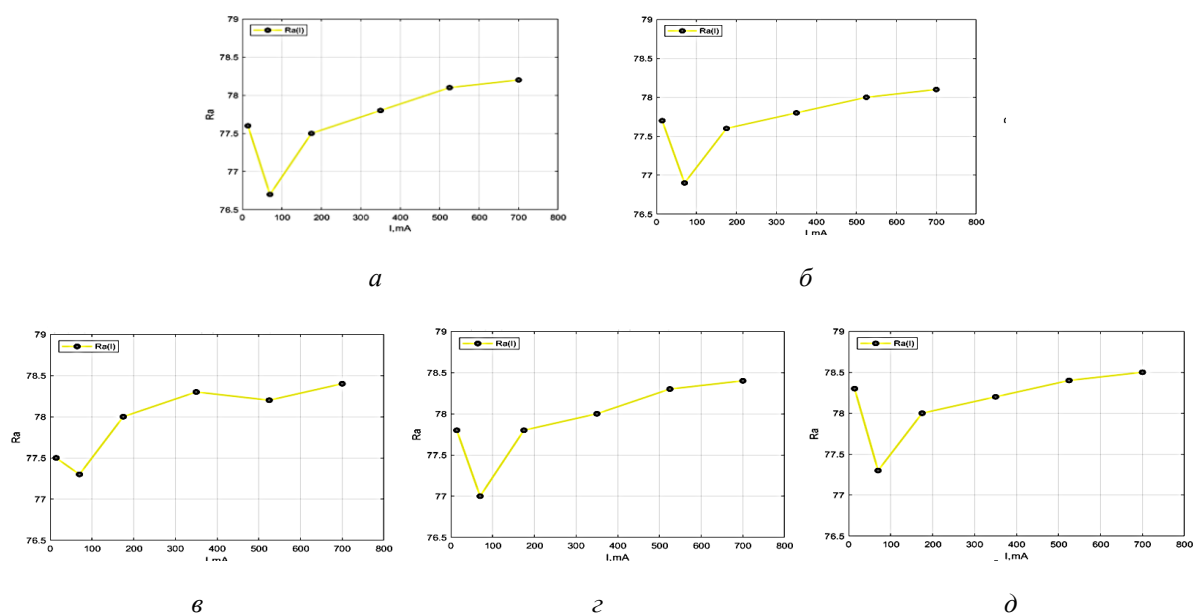


Рис. 1. Зависимость индекса цветопередачи R_a от тока питания I при смещении вверх (а), влево (б) на 50 мм от средней точки матрицы, в средней точке (в), а также при смещении вправо (г) и вниз (д) на 50 мм

Анализ полученных зависимостей свидетельствует о росте R_a при токах выше 100 мА, незначительном изменении при пространственном смещении точки исследования, недостаточном уровне R_a для точной идентификации цвета объекта.

Литература

1. Все об индексе цветопередачи CRI и новых стандартах качества света [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ledjournal.info/spravochnik/indeks-cvetopredachi-cri.html>. – Дата доступа: 23.02.2024.

УДК621.327

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ОСВЕЩЕННОСТИ И КОРРЕЛИРОВАННОЙ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

Студент гр. 11302220 Ковалёнок И. А.

Кандидат техн. наук Богдан П. С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При оптимизации параметров искусственного освещения внутри помещений на основе сравнения с естественным освещением необходимо кроме естественного освещения вне помещения учитывать наличие в помещении естественного освещения, поступающего через оконные проемы. В [1] приведено уравнение, связывающее амплитуды спектральных распределений естественного и искусственного освещения:

$$F(\lambda) = \sum_{j=1}^k a_j n_j p_j(i, \lambda) + F_{\text{ест}}(\lambda), \quad (1)$$

где $F(\lambda)$ – зависимость амплитуды спектрального распределения естественного освещения от длины λ волны излучения; a_j и n_j – соответственно световая отдача и количество светодиодов j -той группы (синей, красной и т. д.); $p_j(i, \lambda)$ – зависимость мощности излучения светодиода j -той группы от тока питания i и длины λ волны излучения; $F_{\text{ест}}(\lambda)$ – зависимость амплитуды спектрального распределения естественного освещения, проникающего в помещение через оконные проемы, от длины λ волны излучения.

Оптимизация параметров излучения искусственных источников света предполагает нахождение таких значений этих параметров, при которых выполняется равенство (1). Целью настоящей работы являлся мониторинг освещенности и коррелированной цветовой температуры, определяющей спектральный состав освещения, внутри помещения, а также взаимосвязи между этими параметрами. Измерения производились с использованием прибора Oppl Light Master III. Измерения производились на расстоянии 380 мм от монитора, окно располагалось сбоку на расстоянии 840 мм. Результаты исследований представлены на рис. 1.

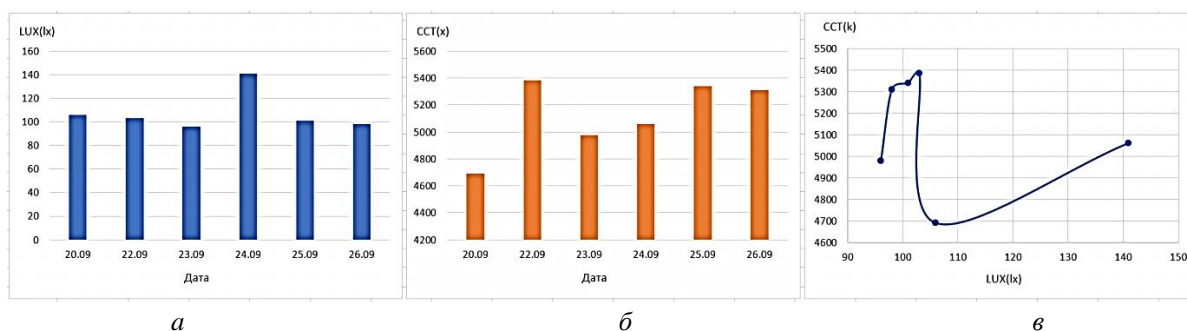


Рис. 1. Диаграммы освещенности LUX, lx (а) и коррелированной цветовой температуры CCT, K (б) внутри помещения, график зависимости коррелированной цветовой температуры CCT от освещенности LUX (в)

Результаты исследований свидетельствуют, что связь между освещенностью и коррелированной цветовой температурой неоднозначна. Возможно, причиной является отсутствие учета метеоусловий (рассеивания облаками в пасмурный день и при наличии осадков).

Литература

1. Возможность имитации естественного освещения варьированием параметров светодиодных источников излучения / П. С. Богдан [и др.] // Материалы 16-ой Международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2023». – Минск: БНТУ, 2023. – С. 228–229.

УДК 621.792.4

МЕХАНИЗМ УСТАНОВКИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ПЛАСТИНЫ

Студент гр. 11302120 Линкевич И. С.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Оптико-механические приборы разнообразны по принципу действия и конструктивному исполнению. К таким приборам относятся рычажно-оптические, проекционные и измерительные – микроскопы и машины, длинномеры, интерференционные приборы.

Механизм установки интерференционной пластины может применяться на приборостроительных предприятиях по изготовлению оптических приборов и изделий, лабораториях кафедр университетов, испытательных лабораториях исследовательского характера и пр.

Механизм установки интерференционной пластины является составной частью оптико-механических приборов, предназначенных при выполнении геометрических измерений при особо точных измерениях, так как в этих приборах отсчет перемещения измерительного узла производится с помощью оптической системы, повышающей точность отсчета [1; 2].

Повышение точности отсчета и точности измерений достигается благодаря значительному оптическому увеличению измеряемых объектов или шкал; в других (оптиметрах, ультраоптиметрах) – сочетанием механических передаточных механизмов с оптическим автоколлимационным устройством. Все эти приборы широко применяют в измерительных лабораториях и в цехах.

Важным узлом оптико-механических приборов является механизмы юстировки (установки) важных оптических деталей, предназначенных для обеспечения функциональности оптико-измерительной схемы.

В связи с чем целью данной работы является разработка конструкции механизма установки интерференционной пластины.

На рис. 1 приведена кинематическая схема механизма установки интерференционной пластины.

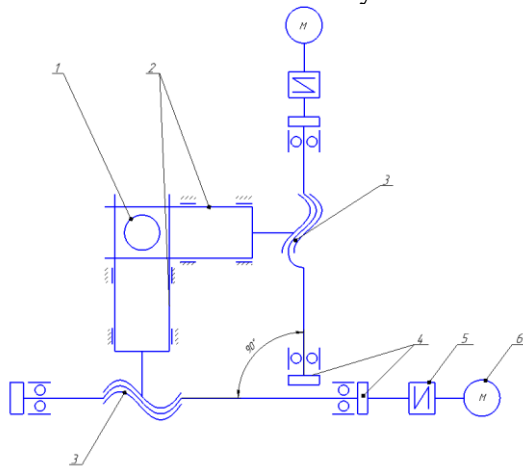


Рис. 1. Кинематическая схема: 1 – пластина интерференционная; 2 – направляющие качения; 3 – передача «винт-гайка»; 4 – опоры вращения; 5 – муфта; 6 – электродвигатель

Механизм установки интерференционной пластины состоит из двух столов, перемещающихся под углом в 90 градусов. Перемещение столов по направляющим качения осуществляется от шаговых электродвигателей через муфту 5 и винтовые передачи 3 установленные в шарикоподшипниках.

Разработанный механизм позволяет производить перемещения интерференционной пластины на измерительную позицию по двум координатам. Позиционирование осуществляется оптическими датчиками. Преимуществом данного механизма является универсальность и возможность установки интерференционных пластина различных типоразмеров.

Литература

1. Патент RU2254640. Координатный стол / Бугаец А. И. ООО Научно-исследовательский и конструкторский центр испытательных машин «Точмашприбор». – Оpubл.: 27.08.2010.

2. Патент RU2004127495. Трехкоординатный столик с поворотной колонкой / Бугаец А. И. ООО Научно-исследовательский и конструкторский центр испытательных машин «Точмашприбор». Оpubл.: 20.05.2011.

УДК 681

ИЗВЕЩАТЕЛЬ ОХРАННЫЙ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ, УСТРОЙСТВО И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Студенты гр. 11301120 Любинский К. А., Малышева А. А., Адамович К. А.

Ст. преподаватель Василевский А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Некапитальные ограждения входящие в состав периметральной охраны, некапитальные стены объектов охраны имеющие большие линейные размеры целесообразнее всего блокировать трибоэлектрическим кабелем (ТЭК). Совместно с электронной схемой ТЭК образует вибрационный охранный трибоэлектрический извещатель. Принцип действия ТЭК заключается в наведении электрического заряда, возникающего при трении диэлектриков в электрическом поле, создаваемом проводниками, находящимся под напряжением. Трение возникает в результате микродеформации (вибрации) кабеля, при этом происходит резкий рост статического заряда в сигнальном проводе. Полезный сигнал снимается с сигнального провода, усиливается и регистрируется в диапазоне частот 100–300 Гц. Конструкция ТЭК учитывает особенности и условия эксплуатации и указывается в ТЗ для производителя.

Установка ТЭК осуществляется в зависимости от пространственно-архитектурных особенностей объекта охраны несколькими способами, к примеру:

- монтаж и крепление кабеля поверх проволочного или ленточного ограждения объекта;
- закапывание кабеля в грунт в зоне отчуждения вдоль забора объекта охраны;
- размещения кабеля в штробе некапитальной стены и др.

Длина одного отрезка кабеля может достигать 1 000 метров, что при наличии инженерных средств защиты на объекте, замещает большое количество охранных извещателей других типов.

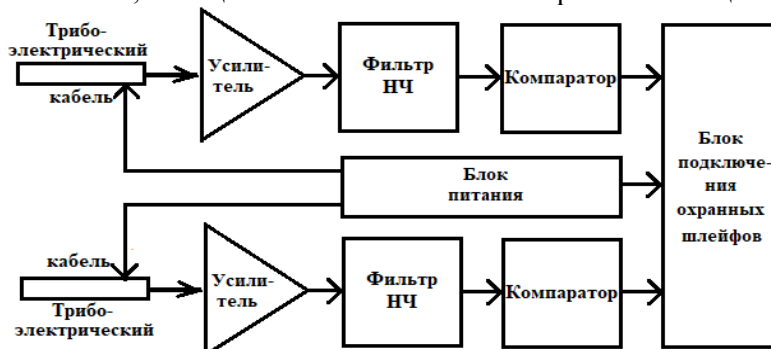


Рис. 1. Структурная схема извещателя охранного трибоэлектрического

Трибоэлектрический извещатель подключается к шлейфам приемно-контрольного прибора охранной сигнализации или контрольной панели. Наиболее известные у нас аналоги, приборы периметральной сигнализации типа Гюрза-2К (3К, 4К) обеспечивают вероятность обнаружения нарушителя около 98 %. В сложных условиях эксплуатации данные устройства обеспечивают минимизацию ложных срабатываний и обнаружение подготовленных нарушителей.

В реальных условиях эксплуатации извещатель обеспечивает:

- устойчивость и отсутствие ложных срабатываний при ветре до 30 м/с, в грозу, сильный дождь, град и туман. Не реагирует на птиц и зверей;
- надежное функционирование вблизи от проходящего поезда (4 метра от ж/д путей), крупных автомагистралей, аэродромов, космодромов, работающих машин и механизмов;
- работу в сильных электромагнитных полях, напряженностью поля до 20 кВ/м и вблизи ЛЭП напряжением до 750 кВ;
- работу в любых климатических условиях, в диапазоне температур от минус 65 до 75 °С.

УДК 616-71

СРАВНЕНИЕ КОНТАКТНОГО И БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РОСТА

Студент гр. 11307120 Москаленко Г. Э.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Измерение роста пациента относится к наиболее распространенным методам функционального обследования и осуществляется персоналом, имеющим среднее медицинское образование.

Прибор или устройство для измерения роста называется ростомером. Производители предлагают большое количество ростомеров, как обычных, так и совмещенных с весами.

Современные ростомеры можно разделить на две группы – контактные и более современные бесконтактные.

Контактное измерение роста осуществляется при помощи измерительной ленты или специального инструмента, который непосредственно прикладывается к телу субъекта. С помощью контактного способа можно точно определить рост человека, так как измерение происходит прямо на теле. Однако этот способ может вызывать дискомфорт, особенно если его проводить с частотой или в условиях, когда требуется частое измерение.

Бесконтактный способ измерения роста основан на использовании оптических технологий и датчиков. С помощью лазерных, инфракрасных или ультразвуковых датчиков измеряется расстояние от вершины головы до подошв ног. Данные измерений обрабатываются компьютером, который выводит точное значение роста. Благодаря бесконтактному способу измерения можно быстро и без дискомфорта определить рост. Этот способ также более гигиеничен и менее чувствителен к внешним факторам, таким как натяжение измерительной ленты.

Преимущества контактного способа измерения роста:

– более точные результаты и возможность проведения измерений в условиях, где нет возможности использовать бесконтактные технологии;

– он может быть более доступным с точки зрения стоимости, простоты использования и ремонта.

Бесконтактное измерение, в свою очередь, происходит с использованием технологий, которые не требуют прямого контакта с измеряемым объектом, например, с помощью лазерного сканера, инфракрасных датчиков или с помощью технологии сонар с использованием ультразвукового излучения.

Бесконтактные методы измерения роста имеют свои преимущества:

– возможность проведения измерений на расстоянии, что особенно удобно при работе с детьми или пациентами, которым неудобно или невозможно принимать позу для контактного измерения;

– бесконтактные технологии также могут быть более быстрыми и удобными в использовании.

Однако, бесконтактные методы более подвержены воздействию внешних факторов, таких как: освещение, внешние электростатические помехи или шумы, температура и влажность, решающая способность датчиков.

Немаловажным фактором является то, что для бюджетных медицинских учреждений определяющим условием является стоимость оборудования. По этой характеристике контактные методы безусловно выигрывают. Бесконтактные ростомеры обычно в несколько раз дороже контактных аналогов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что контактный метод измерения роста целесообразно использовать в случаях, когда требуется высокая точность измерения роста человека, а также в ситуациях, когда внешние факторы не позволяют использовать бесконтактные методы или определяющим фактором, является стоимость оборудования.

Литература

1. The human-height measurement scheme by using image processing techniques [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6449737>. – Дата доступа: 04.03.2024.

2. Anjani Kumari. Laser Based Non-Contact Type Distance and Height Measurement System Using / Anjani Kumari and Sanjaya Shankar Tripathy 2023 / EasyChair Preprint no. 10471. – 6 p.

УДК 616.126.3-77:615.462

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТЕЗОВ КЛАПАНА СЕРДЦА

Студент гр. 11307122 Николаева Ю. Г.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Решением патологии клапана сердца является замена естественного клапана на искусственный.

Клапаны в зависимости от предполагаемой позиции имплантации подразделяют на: митральные и аортальные. В зависимости от характерных конструктивных признаков их делят на: шаровые, дисковые, створчатые (с жесткими запирающими элементами) и лепестковые (с гибкими запирающими элементами).

Конструкция лепесткового клапана больше всего напоминает естественный клапан сердца, но он быстро изнашивается.

К достоинствам двухстворчатого можно отнести долговечность и гемосовместимость. К недостаткам: тромбообразование, деформации и утолщение створок и др.

Все клапаны состоят из створок, корпуса, кольца жесткости и пришивной манжеты (рис. 1). Изготавливаются детали методом литьевого прессования [1].



Рис. 1. Конструкция двухстворчатого клапана

В настоящее время используют полиэдральный олигомерный силсесквиоксан, политетрафторэтилена и другие.

К клапанам предъявляются следующие требования: параметра шероховатости (R_a – не более 0,05 мкм и (или) R_z – не более 0,4 мкм по ГОСТ 2789), ресурс долговечности ($T_{pн}$ – не менее $4,0 \cdot 10^8$ циклов), устойчивость к транспортировке и т. д. [2].

Актуальной проблемой является поиск полимера, который не должен приводить к тромботическим осложнениям. Перспективно направление, связанное с сополимеризацией поликарбонатуренатов с другими биологически инертными полимерами. Возможно также включение жестких биостабильных участков, таких как полиметилметакрилат, в структуру эластомеров для придания последним потенциальной циклостойкости и устойчивости к процессам биодegradации. Модифицирование поверхностей известных полимерных материалов различными биополимерами также представляет интерес как способ повышения их гемосовместимости. Не деградируемая полимерная основа с модифицированной поверхностью не исключает использования и тканевой инженерии [3].

Литература

1. Механические искусственные клапаны сердца [Электронный ресурс] // StudFiles. – Режим доступа: <https://studfile.net/>. – Дата доступа: 26.02.2024.
2. ГОСТ 26997-2003. Клапаны сердца искусственные. Общие технические условия – ИПК Издательство стандартов, 2003.
3. Резвова, М. А. Полимерные протезы клапанов сердца; состояние и перспективы / М. А. Резвова, Е. А. Овчаренко // Вестник трансплантологии и искусственных органов том XX. – 2018. – № 2. – С. 100–111.

УДК 616-71

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СТОЛИКОВ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ДЦП

Студенты гр. 11307221 Охремчик В. А., Балевский И. А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Детский церебральный паралич (ДЦП) – это комплекс нарушений, влияющих на способность человека двигаться, поддерживать равновесие и осанку. Он возникает в результате поражений центральной нервной системы ребенка в процессе внутриутробного развития, во время родов или в первые 1–2 года жизни. Патология представляет собой нарушение двигательных функций различной степени тяжести. Нередко ребенок с детским церебральным параличом имеет так же речевые и/или психические нарушения, различные формы задержки умственного развития [1].

Курс реабилитации для каждого пациента с ДЦП подбирается индивидуально и включает применение технических средств реабилитации. С их помощью ребенок получает двигательный опыт и перенимает его. При этом, технические средства реабилитации ограничивают пациента от совершения движений, способных нанести ему вред или оказать негативное влияние на физическое развитие в дальнейшем [2].

Применяются различные конструкции столиков (рис. 1) [3; 4]. Основным отличием конструкций является место опоры при фиксации ребенка для выполнения различных задач, таких как чтение, письмо или прием пищи. В первом случае (рис. 1, а) опорой преимущество является спина, а во втором случае (рис. 1, б) грудная клетка. Обе конструкции имеют угол поворота платформы до 90°, а также угол поворота рабочего стола не менее 60°.

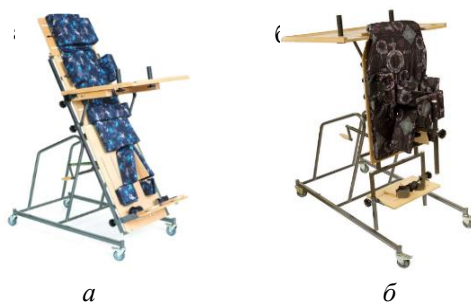


Рис. 1. Конструкции столик для детей с ДЦП с опорой на спину (а) и с опорой на грудную клетку (б)

К особенностям первой конструкции относится наличие боковых подушек, положение которых регулируется по высоте и ширине, подушки подголовника, использование подлокотников, регулируемых по высоте и углу наклона. Так же такая конструкция дает возможность фиксации тазобедренной части ребенка при помощи пояса и фиксацию голеней при помощи ремней для ног, регулируемых по высоте. В данной конструкции рабочий столик устанавливается на поворотную платформу и крепится к подлокотникам при помощи фиксаторов. Для надежного закрепления стоп предусмотрены подножки с подпятниками и ремнями для ног.

Особенностями второй конструкции является съемная регулируемая спинка с мягкой подушкой, для поддержания спины ребенка. Для фиксации стоп служит регулируемая по высоте подножка с креплением для ног.

Размеры, а именно, высота, ширина, длина и масса стола с опорой на спину превышают размеры стола с опорой на грудную клетку.

Обе конструкции имеют дополнительные опоры для рук в виде ручек, расположенных на рабочих столиках. Для крепления ног устанавливаются регулируемые по ширине распорки с мягким чехлом или опорным валиком. Для перемещения предусмотрены четыре колеса, два из которых имеют тормозные устройства. Поворот платформы осуществляется ручным механическим приводом. Мягкие элементы выполнены из материалов, выдерживающих многократную влажную уборку. Так же все мягкие части являются быстросменными.

На основании сделанного сравнительного анализа может быть сделан вывод, что конструкция столика для детей больных ДЦП с опорой на спину позволяет надежнее зафиксировать ребенка и дать ему большую площадь опоры.

Литература

1. СМ-Клиника для детей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.smdoctor.ru/disease/dtsp>. – Дата доступа: 02.03.2024.
2. Клинические рекомендации. Детский церебральный паралич у детей. МКБ 10: G80 Министерство здравоохранения Российской Федерации 2016 утверждены союзом педиатров России.
3. Республиканское унитарное предприятие «Белорусский протезно-ортопедический восстановительный центр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bповс.by/katalog-produkczii/sredstva-reabilitatsii/dlya-detej/prisposoblениya-dlya-detej-s-dtsp/stolik-s-podemnikom-universalnyj-detail>. – Дата доступа: 02.03.2024.
4. Республиканское унитарное предприятие «Белорусский протезно-ортопедический восстановительный центр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bповс.by/katalog-produkczii/sredstva-reabilitatsii/dlya-detej/prisposoblениya-dlya-detej-s-dtsp/stolik-rabochij-s-fiksirovannym-polozeniem-rebenka-detail>. – Дата доступа: 02.03.2024.

УДК 614.7.628.68

РЕЦИРКУЛЯТОР БАКТЕРИЦИДНЫЙ ДЛЯ ВОЗДУХА

Студенты гр. 11307121 Попкович А. И., Якубович А. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Мониц С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Устройство является прибором санитарно-гигиенического назначения, в том числе средством дезинфекции. Функциональное назначение рециркулятора – удаление аллергенов, бактерий, вирусов и других патогенных микроорганизмов из воздуха, его обеззараживание и очистка. Принцип действия изделия основан на принудительном прокачке воздуха с целью обеззараживания через закрытый объем при воздействии на него ультрафиолетовым излучением с длиной волны 253,7 нм. Составными частями рециркулятора являются корпус с двумя отверстиями, в котором установлен вентилятор и образована камера с УФ-лампой (рис. 1).

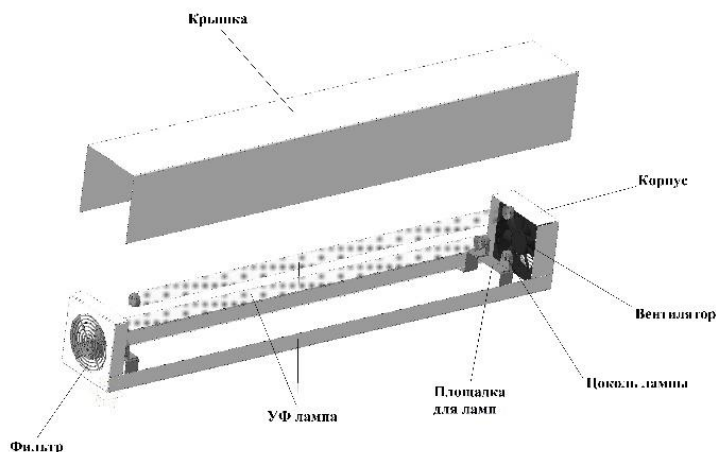


Рис. 1. Рециркулятор бактерицидный для воздуха

Прибор также содержит модули управления и контроля работы устройства, в том числе модуль, обеспечивающий запуск и работу ламп, а также модуль контроля времени их наработки и предупреждения пользователя о необходимости проведения профилактического обслуживания устройства при достижении регламентированного времени наработки, при этом периодичность профилактического обслуживания устанавливается на модуле в зависимости от характеристик и условий эксплуатации устройства. Также на корпусе рециркулятора есть кнопка включения и выключения устройства.

В некоторых вариантах исполнения модуль, обеспечивающий запуск и работу лампы рециркулятора может быть выполнен с возможностью контроля работоспособности УФ-лампы.

Помимо этого, рециркулятор может содержать модуль управления и контроля работы вентилятора, модуль задержки выключения устройства по времени, модуль контроля эффективности УФ-излучения. Модуль контроля интенсивности УФ-излучения выполнен с датчиком, измеряющим излучение от источника УФ-излучения. При конструировании рециркулятора модули управления и контроля работы устройства могут быть смонтированы в форме единого блока управления и контроля работы устройства.

Рециркулятор предназначен для работы в помещениях при присутствии людей при температуре 10–35 °С, относительной влажности до 80 % и атмосферном давлении от 84 кПа до 106,7 кПа.

Рециркулятор – полезное устройство для фильтрации воздуха от вредных веществ в бытовых и коммерческих условиях, является прекрасным средством для предупреждения и профилактики воздушно-капельных заболеваний

Литература

1. Журавлев, А. И. Биофизическая и радиационная экология. – М.: Белые альвы, 2012. – 240 с.
2. Журнал регистрации и контроля работы бактерицидной установки. – М.: Учитель-Канц, 2017. – 64 с.
3. Ультрафиолетовые технологии в современном мире. – М.: Интеллект, 2012. – 392 с.

УДК 615.471

ТРЕНАЖЕР РЕАБИЛИТАЦИОННЫЙ С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЕЙ

Студент гр. 11307121 Прокопенко Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Функциональная электростимуляция (ФЭС), которая использует низкий электрический ток для искусственного возбуждения мышц, тем самым позволяет человеческой конечности двигаться. Обычно этот метод применяется для людей с нарушениями двигательных функций конечностей, такими как паралич, травмы спинного мозга или проблемы с нервной системой.

Функциональные преимущества ФЭС включают в себя уменьшение мышечной атрофии, улучшение кровообращения и обмена веществ, увеличение возбудимости и сократимости мышц, а также уменьшение боли при движении в суставах и околоуставных структурах. Тренажеры с ФЭС часто используются в медицинских областях, таких как травматология, ортопедия, неврология и реабилитация.

На рис. 1 представлена система электростимуляции для улучшения ходьбы.

Реабилитационный тренажер с функцией электрической стимуляции (ФЭС) включает в себя: дисплей для управления, подключение к Интернету для работы с базой данных пациентов, возможность настройки индивидуальных программ тренировок, анализ эффективности тренировок, 6 отдельных каналов стимуляции, частоту импульсов от 10 до 100 Гц и мощность стимуляции от 1 до 140 мА с шагом в 1 мА. В комплект также входят электроды для проведения процедур электростимуляции. [1]



Рис. 1. Система электростимуляции для улучшения ходьбы

Благодаря 6 независимым каналам стимуляции, тренажер с ФЭС способен активировать 6 мышц одновременно, учитывая индивидуальные особенности и уровень активности пациента.

Система биологической обратной связи, взаимодействующая с ФЭС, обеспечивает эффективную синхронизацию для достижения наилучших результатов в реабилитации.

Литература

1. Дельрус [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.delrus.ru/catalog/reabilitatsiya-i-funktionalnaya-diagnostika/reabilitatsiya/aktivno-passivnaya-mekhanoterapiya/200016-trenazher-reabilitatsionnyu-s-funktionalnoy-elektrostimulyatsiy-i-biologicheskoy-obratnoy-s>.

2. Hamizaid, N. A. Exercise technology after spinal cord injury: functional electrical stimulation leg cycling / N. A. Hamizaid, G. M. Davis. – Sydney: Rehabilitation Research Centre, School of Exercise and Sport Science, The University of Sydney, 2006. – P. 1–4.

УДК 681

ХОДУНКИ-РОЛЛАТОР УНИВЕРСАЛЬНЫЕ

Студент гр. 11307220 Сергеев С. А.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Пожилые люди и инвалиды в наши дни могут поддерживать свою мобильность за счет современных приспособлений. Это раньше их уделом было использование инвалидных колясок, а сейчас прекрасной альтернативой стали специальные ходунки-роллаторы. Они облегчают передвижение в квартире и на улице. Роллаторы для инвалидов и пожилых людей выбирают в зависимости от индивидуальных особенностей человека.

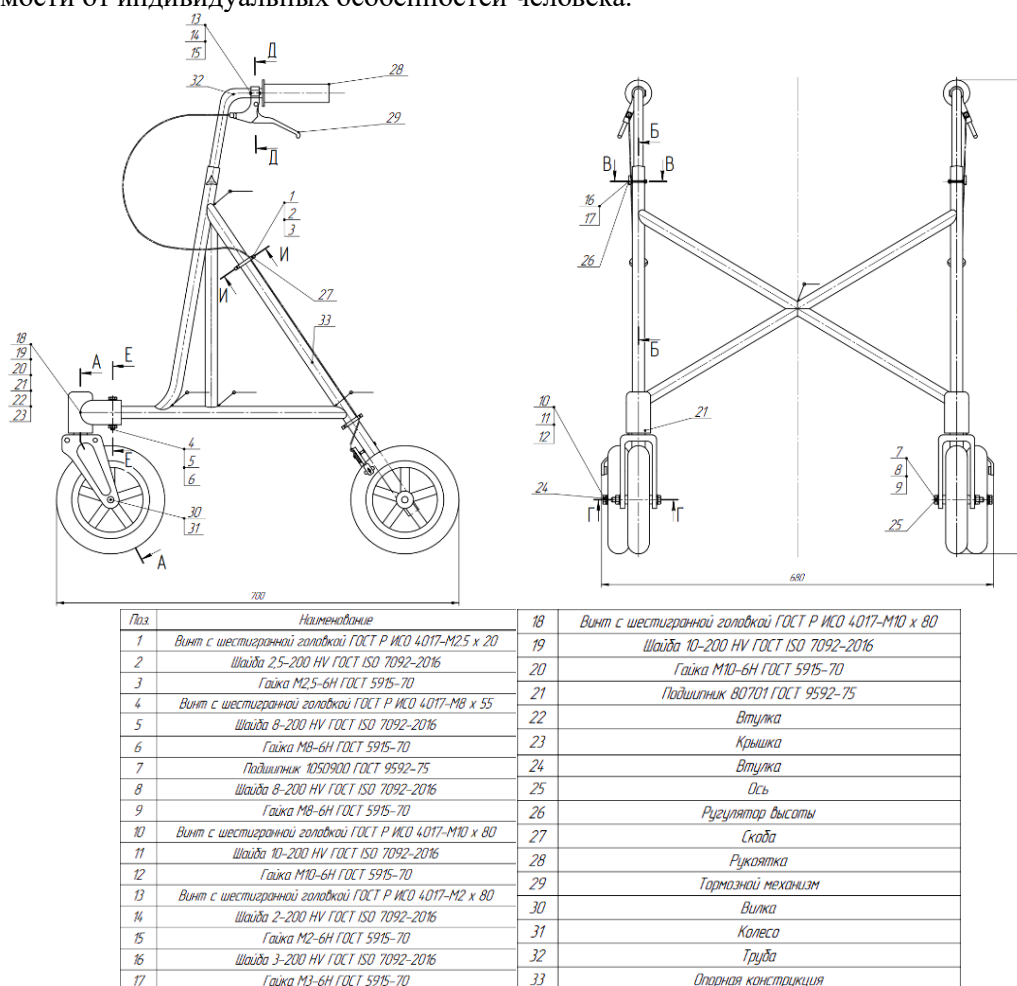


Рис. 1. Ходунки-роллатор универсальные

Принцип действия: Конструкция используется пациентами, у которых травмы, такие как нарушение ритмичности ходьбы, плохо работающие суставы, или травмы таза-бедренных ко-

стей и т. д. Из-за чего им приходится дополнительно опираться на роллатор при ходьбе, держать при этом за рукоятки. Если пациенту нужно повернуть, то он зажимает нужный тормоз и держит его до момента завершения поворота, после чего продолжать движение в нужном направлении. Также перед использованием нужно произвести регулировку по росту для этого нужно отрегулировать высоту ручек.

УДК 616-71

СТЕНД-СТОЙКА ДЛЯ ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Студент гр. 11307120 Сергейчик Д. В.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Двигательные функции – это способность человека поддерживать положение тела и выполнять различные движения. Их нарушение может привести к потере или ослаблению движений, непроизвольным движениям, нарушению координации или снижению мышечной силы. Причинами могут быть повреждение позвоночника, черепно-мозговые травмы, рассеянный склероз, ДЦП, заболевания мышц и прочее. Существуют разные виды нарушений двигательных функций, в зависимости от того, какая часть нервной системы поражена: паралич и парез, гиперкинезия, атаксия, гиподинамия [1].

Особое внимание в данном случае уделяется детям, т. к. необходимо корректировать несимметричное развитие мышц, благоприятствовать правильному развитию опорно-двигательного аппарата. В последние годы, для их реабилитации применяются современные методы лечения, не только корректирующие мышечный тонус и рефлекторную деятельность, но также оказывающие непосредственное влияние на восстановление нейрофизиологических функций головного мозга, за счет активации процессов миеленизации и формирования дендритового дерева с восстановлением межнейронных связей и коррекции нейрометаболических нарушений [2].

В настоящее время существуют следующие методы реабилитации детей с такими нарушениями: лечебный массаж, физиотерапия, лечебная физкультура, ортезирование и др. [3].

Детям с нарушением двигательных функций зачастую показано использование стенов-стопок – приспособлений, которые помогают фиксировать ребенка в определенном положении, обеспечивая ему комфорт и безопасность. Однако многие существующие решения фиксируют лишь в вертикальном положении, что не дает возможность ребенку отдыхать лежа и спать в физиологически правильном положении, что важно при формировании и росте скелета.

Разработанная стенд-стойка включает в себя основание на колесах с тормозами, выдвигающую платформу с упорами для стоп, держатель с упорами для колен, упор для таза, упор для груди, стол, подголовник, имеет электрический привод с пультом управления и аккумулятором, позволяющий изменять ее угол наклона в пределах вертикального и горизонтального положений. Держатели и упоры регулируемые и с подушками, что позволяет комфортно использовать ее детям с различным ростом и пропорциями тела.

Разработанная стенд-стойка позволяет улучшить условия пребывания детей с нарушением двигательных функций в лечебном и профилактическом учреждении, и в домашних условиях.

Ожидается, что разработки в данном направлении помогут улучшить качество жизни детей с нарушением двигательных функций, предоставив им возможность вести более активный и независимый образ жизни. Это, в свою очередь, способствует созданию более инклюзивного общества, в котором каждый ребенок имеет право на полноценное развитие и самовыражение.

Литература

1. Виды нарушений двигательных функций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mednavi.ru/vidy-narushenij-dvigatelnyh-funktsij/>. – Дата доступа 08.12.2023.
2. Пособие для студентов медицинских ВУЗов по изучению этиологии ДЦП. – М.: Медицина, 2003. – 200 с.
3. Детский церебральный паралич (ДЦП): клинические рекомендации // Вестник восстановительной медицины. – 2017. – № 3. – С. 91–114.

УДК 615.8-7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ИНДУКЦИОННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТОМАТОЛОГИИ

Аспирант Степаненко А. И.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данный опыт был направлен на изучение реакции драгоценных металлов на импульсное индукционное магнитное поле, является важным для понимания свойств этих материалов, так как применяются в стоматологии для изготовления некоторых частей зубных имплантов [1]. Проводилось два эксперимента с разным расстоянием между источником магнитного поля и драгоценными металлами в виде колец.

Первый опыт проводился без расстояния между изделием и источником магнитного поля. Второй эксперимент проводился с расстоянием в 1 см. В обоих экспериментах важно было учитывать все факторы, которые могли повлиять на результаты, такие как качество магнитного поля, материал источника магнитного поля. Золото и серебро широко используются в стоматологии для создания зубных коронок, мостов, имплантов и других протезов [2].

В первом опыте были получены следующие результаты: золото легко вибрировало, но на большие амплитуды не качалось, а серебро покачивалось в диапазоне 1–1,5 мм вследствие воздействия импульсного магнитного поля. Золото является плохим проводником электрического тока и не обладает ферромагнитными свойствами, поэтому воздействие магнитного поля не вызывает у него больших амплитудных колебаний. Серебро обладает более высокой проводимостью и магнитной восприимчивостью, поэтому на него импульсное магнитное поле влияет сильнее и вызывает покачивание на малых расстояниях.

Во втором опыте, где расстояние между изделием и источником магнитного поля составляло 1 мм, были получены следующие результаты: золото никак не реагировало на воздействие импульсного магнитного поля, а серебро легко вибрировало, но на большие амплитуды не качалось.

Эти результаты можно объяснить тем, что при таком близком расстоянии между изделием и источником магнитного поля, возникающие индукционные токи в материале металла оказываются очень высокими, что приводит к возникновению силы Лоренца, направленной в противоположную сторону относительно направления силы, создаваемой магнитным полем [3]. В случае золота, эта сила оказывается достаточно сильной, чтобы компенсировать любое движение золота, вызванное магнитным полем, поэтому золото не реагирует на воздействие импульсного магнитного поля. В случае серебра, индукционные токи вызывают меньшую силу Лоренца, поэтому серебро легко вибрирует, но на большие амплитуды не отклоняется.

Результаты второго опыта подтвердили, что золото и серебро реагируют на импульсное магнитное поле по-разному, и эта реакция зависит от расстояния между изделием и источником магнитного поля. Это может иметь практическое значение при использовании этих металлов в стоматологии и других областях медицины, где металлы могут подвергаться воздействию магнитных полей. Опыт показал, что эти металлы могут реагировать на магнитное поле, что может иметь негативный эффект на здоровье человека, у которого есть такие импланты.

Литература

1. Рязьева, Л. М. История становления протезирования в стоматологии / Л. М. Рязьева, Н. Н. Воронин, К. Н. Воронин // Интегративные тенденции в медицине и образовании. – 2020. – Т. 1. – С. 77–84
2. Свойства драгоценных и редкоземельных металлов [Электронный ресурс] // detaltorg. – Режим доступа: https://detaltorg.ru/blog/dragmetally_i_splavy_s_ih_primeneniam/svoystva_dragocennyh_i_redkozemelnyh_metallov.html.
3. Смирнов К. А. История развития и сравнительная оценка современных стентов для коронарных артерий [Электронный ресурс] / К. А. Смирнов [и др.] // ПККиК. – 2019. – № S1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-i-sravnitel'naya-otsenkasovremennyh-stentov-dlya-koronarnyh-arteriy>.

УДК 621.327

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЯ СРАВНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Студентка гр. 11302220 Тарасенко Т. Д., магистрант гр. 61315023 Чайкова Л. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В ряде источников [1–3] указано, что отличие спектрального состава естественного и искусственного излучения, в том числе в синей области, может отрицательно сказываться на здоровье человека, но отсутствуют конкретные рекомендации о допустимой разности между интенсивностями естественного и искусственного освещения на каждой длине волны. В то же время воздействие светового излучения определяется не только спектральным составом, но и длительностью воздействия [4].

Отсюда очевидно, что в качестве критерия допустимой разности спектрального состава естественного и искусственного освещения рационально использовать не только разность интенсивностей, но и равенство экспозиций H , т. е. произведение разности на длительность воздействия на заданной длине волны:

$$H(\lambda) = \int_0^{t_{exp}} S(\lambda, t) dt, \quad (1)$$

где $S(\lambda, t)$ – спектральная интенсивность излучения на длине волны λ в момент времени t ; t_{exp} – время воздействия спектральной составляющей с длиной волны λ .

Допустимые значения спектральных составляющих $S_{art}(\lambda)$ искусственного освещения можно определить, уравнивая значение экспозиций естественного в данный момент времени или рекомендуемого естественного светового излучения $H_{nat}(\lambda, t_{exp})$ и искусственного освещения $H_{art}(\lambda, t_{exp})$ в течение времени t_{exp} , когда на человека воздействует искусственное излучение:

$$H_{nat}(\lambda, t_{exp}) = H_{art}(\lambda, t_{exp}). \quad (2)$$

Подстановка выражения (1) в уравнение (2) дает:

$$\int_0^{t_{exp}} S_{nat}(\lambda, t) dt = \int_0^{t_{exp}} S_{art}(\lambda, t) dt. \quad (3)$$

Чтобы определить $S_{art}(\lambda)$ из выражения (3), необходима информация о его левой части, т. е. характер изменения спектрального состава естественного излучения в течение того времени, пока на человека действует искусственное освещение. Данная информация может быть получена путем мониторинга естественного излучения, либо использованием информации [4] о благоприятном естественном излучении для конкретного человека.

Литература

1. Bailes, H. J. Human melanopsin forms a pigment maximally sensitive to blue light (lambda_{max} approximately 479 nm) supporting activation of G(q/11) and G(i/o) signalling cascades. / H. J. Bailes, R. J. Lucas // Proceedings: Biological Sciences. – 2013. – Apr 3; 280 (1759). – P. 20122987.
2. Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment / Y. M. Cho [et al.] // Chronobiology International. – 2015. – № 32 (9). – P. 1294–310.
3. Две концепции развития полупроводниковых источников белого света для освещения школ. Аналитический обзор / В. А. Капцов [и др.] // Глаз. – 2017. – № 6 (118). – С. 8–22.
4. Blume, C. Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood / C. Blume, C. Garbazza, M. Spitschan // Somnologie (Berl). – 2019. – № 3 (3). – P. 147–156.
5. Blue light exposure decreases systolic blood pressure, arterial stiffness, and improves endothelial function in humans / M. Stern [et al.] // European journal of preventive cardiology. – 2018. – Vol. 25 (17). – P. 1875–1883.

УДК 616.77, 621.78

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗОВ

Студент гр. 11307122 Турочкин К. А., аспирант Сатторов С.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В Научно-технологическом парке БНТУ «Политехник» осуществляется серийный выпуск стентграфтов [1], основными элементами конструкции которых являются зигзагообразные элементы из нитинола.

Никелид титана [2] обладает эффектом памяти формы и эффектами сверхэластичности и ферроэластичности.

Эффектом памяти формы называется явление многократного восстановления первоначальной формы сдеформированного сплава, обусловленное изменением его фазового состояния вследствие изменения температуры при нагреве или охлаждении.

Эффектом сверхэластичности называется явление восстановления первоначальной формы сдеформированного сплава, обусловленное изменением его фазового состояния вследствие снятия нагрузки, вызвавшей деформацию.

Эффектом ферроэластичности называется явление восстановления первоначальной формы сдеформированного сплава, обусловленное переориентацией мартенситных кристаллов вследствие снятия нагрузки, вызвавшей деформацию. Проявляется при низких температурах.

В настоящее время у серийно выпускаемых стентграфтов наблюдается нарушение описанных эффектов, нарастающее с течением времени.

Готовый стентграфт при пониженной температуре (ниже 15 °С) деформируют практически до минимального диаметра и устанавливают в трубку системы доставки, где он и хранится до момента использования.

При выборочном контроле комплектов аортальных стентграфтов выяснилось, что часть из них после освобождения из системы доставки раскрываются не полностью, то есть их диаметр после раскрытия оказывается меньше исходного, который был запомнен при термообработке. Кроме того, сравнение радиальной жесткости только что изготовленного стентграфта и извлеченного из системы доставки тоже отличаются – после хранения жесткость снижается.

У части образцов изменения в механических характеристиках и геометрии оказались неравномерными по окружности, то есть описанные отрицательные эффекты зависят от неоднородностей структуры материала по длине проволоки.

Для исследования взяты стент-элементы, изготовленные по действующей технологии. У каждого из них измерены механические и геометрические параметры. Образцы будут выдерживаться в трубках системы доставки в течение разного времени (от недели до нескольких месяцев), после чего будут извлекаться с фиксацией раскрытия на видео. У извлеченных образцов будут снова измерены механические и геометрические параметры для сравнения с исходными.

Результаты исследований позволят определить срок появления нежелательных изменений характеристик, после чего будет исследована внутренняя структура материала и намечены пути повышения стабильности характеристик.

Литература

1. Разработать оригинальную конструкцию системы аортального стентграфта и внедрить технологию применения системы аортального стентграфта для хирургического лечения аневризм грудной аорты при операциях с искусственным кровообращением [Электронный ресурс] : отчет о НИР (заключительный): ГБ 03.08-1/2011 / кол. авт. Белорусский национальный технический университет, рук. Минченя В. Т., исполн. Минченя Н. Т., исполн. Савченко А. Л., исполн. Степаненко Д. А. – Электрон. дан. – Минск: 2013. – N ГР 20113925.

2. Разработка и исследование конструктивных и технологических параметров формообразования изделий медицинского назначения из никелида титана» в рамках задания 4.1.08 «Разработка и исследование технологии задания формы материалам на основе никелида титана для получения изделий медицинского назначения [электронный ресурс]: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ; рук. В. Т. Минченя; исполн.: А. Л. Савченко [и др.]. – Минск, 2015. – 120 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАКАЛКИ НА СТАЛИ

Студенты гр.ТМ-401 Хамраева М. Б., гр.ТМ-402 Болтабоев А. С.

Д-р физ.-техн. наук (PhD), доцент Бегатов Ж. М.

Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций в городе Ташкенте, Ташкент, Узбекистан

При нагреве сталей выше точки фазового превращения существуют экстремальные температуры, с которых при охлаждении создается структура с максимальной дефектностью кристаллического строения.

Для исследований использовали быстрорежущей стали Р6М5. Температура нагрева под закалку быстрорежущей стали Р6М5 достигает 1 230 °С. При такой температуре не происходит полного растворения карбидов в твердом растворе. При низких температурах нагрева 950–1000 °С растворяется карбид $M_{23}C_6$, а при 1 200 °С растворяется основной карбид M_6C . В первую очередь растворяются карбиды M_6C , содержащие больше хрома, но меньше вольфрама, при более высоких температурах идет растворение карбида M_6C с большим количеством вольфрама. Однако даже при высокой температуре нагрева большая часть карбидов M_6C с большой концентрацией вольфрама остается нерастворимой. Таким образом, возможность существования экстремальной температуры нагрева под закалку в быстрорежущих сталях остается минимальной, так как любое повышение температуры выше 1230 °С ведет к дополнительному растворению еще части карбидов и гомогенизация требует больше времени. Надо также отметить, что т. к. сталь Р6М5 относится к дисперсионно – твердеющим сталям, то максимальное увеличение твердости до HRC 65 приходится на температуру отпуска 550–560 °С, причем 2–3 – кратного отпуска. Данное обстоятельство связано с тем, что именно при этой температуре происходит превращение остаточного аустенита в мартенсит и именно при этой температуре происходит выделение мелкодисперсных карбидов легирующих элементов, повышающих теплостойкость стали (рис. 1).

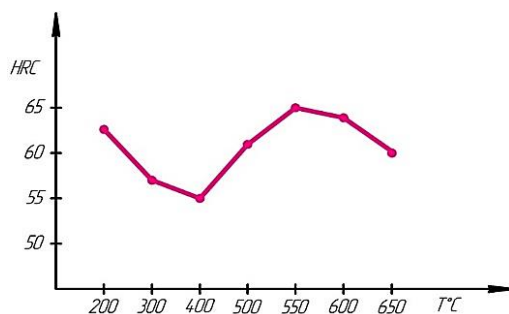


Рис. 1. Влияние температуры отпуска на твердость стали Р6М5. Закалка с температуры 1200 °С

Таким образом, проведенные исследования показали структура закаленной быстрорежущей стали состоит из мартенсита, остаточного аустенита и нерастворенных карбидов легирующих элементов. Последующий отпуск стали приводит к снижению остаточного аустенита и к выделению мелкодисперсных карбидов легирующих элементов, которые и обеспечивают сталь необходимым уровнем теплостойкости. В результате термической обработки стали Р6М5 образуется сложная структура, основой которой является отпущенный мартенсит с вкраплением мелкодисперсных карбидов, остаточный аустенит и включения специальных карбидов, не растворенных при нагреве под закалку.

Литература

1. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях / В. А. Струк [и др.]. – М.: Издательский дом «Интеллект», 2010. – 536 с.
2. Фитосов, Г. П. Материаловедение и технология металлов. – М.: Высшая школа, 2006. – 861 с.
3. Чуддни, О. В. Выбор материалов и методов упрочнения деталей транспортного Машиностроения / О. В. Чуддни, Г. В. Гладова. – М.: МАДИ. 2015. – 118 с.
4. Арзамасов, Б. Н. Материаловедение: Учебник для ВУЗов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008. – 648 с.

УДК621.327

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ RGB СВЕТОДИОДАМИ, ОТ ТОКА ПИТАНИЯ

Студенты гр. 11302221 Хоменчук В. В., Ковалёнок В. М.
Кандидат техн. наук Богдан П. С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Чтобы обеспечить равенство спектрального распределения естественного и искусственного освещения, необходимо использовать светодиоды с разными спектральными характеристиками, а также иметь возможность варьировать создаваемую ими освещенность. Возможность варьирования при использовании линейки светодиодов заданного типа достигается двумя способами: изменением количества светодиодов данного типа в светильнике и/или изменением их яркости за счет тока питания. Так как спектральный состав естественного освещения изменяется в течение светового дня, влияя на режим сна и бодрствования человека, то необходимо иметь возможность регулирования освещенности и спектрального состава искусственными источниками света. Очевидно, что плавное изменение этих параметров обеспечивается изменением тока питания RGB светодиодов и выбором необходимого соотношения их токов. Целью настоящего исследования является определение зависимости между освещенностью, создаваемой, каждым из трех светодиодов группы RGB, от тока питания светодиода.

Измерения производились прибором Oppla Light Master III для матрицы из 50 ортогонально расположенных светодиодов RGB на расстоянии 340 мм от плоскости матрицы напротив точки пересечения осей симметрии матрицы. Результаты исследований представлены на рис. 1.

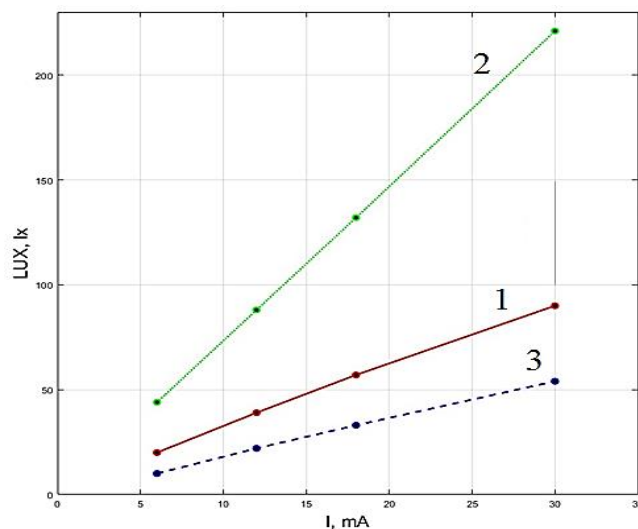


Рис. 1. Зависимость освещенности LUX от тока питания I для красного (1), зеленого (2), синего (3) светодиодов на расстоянии 340 мм от плоскости матрицы напротив точки пересечения осей симметрии матрицы

Анализ представленных на рис. 1 графиков позволяет сделать вывод о линейной зависимости между создаваемой ими освещенностью и током их питания, причем наибольшую световую эффективность имеет зеленый светодиод, минимальную – синий. Представленные на рис. 1 зависимости могут использоваться при расчете и оптимизации спектральных характеристик искусственных источников света, в состав которых входят RGB светодиоды.

УДК621.327

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Магистрант гр. 61315023 Чайкова Л. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Вследствие высокой световой эффективности для освещения помещений широко используются белые светодиодные источники. В основном их спектр, в отличие от спектрального состава солнечного света, имеет повышенную амплитуду излучения синего света в области 450–460 нм и провал в области сине-бирюзового света 480 нм при равных значениях цветовой температуры и освещенности. Этот провал вызывает увеличение диаметра зрачка глаза по сравнению с условиями освещения естественным светом при той же яркости [1].

Увеличение диаметра зрачка в данном случае ведет к следующим негативным последствиям [1]. Во-первых, уменьшается глубина резкости как в пространстве наблюдаемых предметов, так и в области сетчатки, что требует дополнительных усилий со стороны аккомодационной системы глаза. Во-вторых, дополнительная работа ресничной мышцы изменяет параметры оттока водянистой влаги. В-третьих, синее излучение попадает на край желтого пятна сетчатки с малой плотностью макулы, где происходит накопление фототоксичного соединения, увеличивая риски заболеваний зрительного анализатора.

Кроме колбочек и палочек, на сетчатке имеются светочувствительные ганглиозные клетки, преобразующие световое излучение с помощью пигмента «меланопсин». Границы спектрального диапазона чувствительности меланопсина в видимой области спектра примерно равны 400–610 нм, а максимум его спектральной чувствительности лежит на частоте 479 нм [2]. Меланопсин преобразует световое излучение в электрические сигналы. Они передаются в эпифиз, где синтезируется мелатонин. Уровень мелатонина, определяет следующие функции организма: биоритмы, терморегуляцию и индукцию сна, антиоксидантный эффект, антистрессорное действие, регуляцию полового развития, причем освещенность в 1,3–4,0 лк монохромного синего света или в 100 лк белого света подавляет продукцию мелатонина [3]. Кроме того, последние исследования [4] свидетельствуют, что инициируемые меланопсином электрические сигналы дополнительно способствуют зрительному восприятию.

Анализ воздействия искусственного освещения в ночное время на онкологические заболевания молочной железы, нарушение циркадных фаз и нарушения сна содержится в информации обзора [5].

Из вышеизложенного следует, что влияние спектрального состава искусственного излучения может быть неблагоприятным для человека, поэтому актуален его мониторинг и в случае необходимости коррекция в соответствии с рекомендациями медицинских специалистов.

Литература

1. Капцов, В. А. Две концепции развития полупроводниковых источников белого света для освещения школ. Аналитический обзор / В. А. Капцов [и др.] // Глаз. – 2017. – № 6 (118). – С. 8–22.
2. Bailes, H. J. Human melanopsin forms a pigment maximally sensitive to blue light (lambda_{max} approximately 479 nm) supporting activation of G(q/11) and G(i/o) signalling cascades. / H. J. Bailes, R. J. Lucas // Proceedings: Biological Sciences. – 2013. – Apr 3; 280 (1759). – P. 20122987.
3. Капцов, В. А. Риски влияния света светодиодных панелей на состояние здоровья оператора / В. А. Капцов, В. Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 4. – С. 37–46.
4. Blume, C. Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood / C. Blume, C. Garbazza, M. Spitschan // Somnologie (Berl). – 2019. – № 3 (3). – P. 147–156.
5. Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment / Y. M. Cho [et al.] // Chronobiology International. – 2015. – № 32 (9). – P. 1294–310.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОТЕЗОВ

Студент гр. 11307122 Чалова А. К.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И., Богдан Д. Ю.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Распространение аддитивных технологий привело к открытию уникальных возможностей по развитию медицины и науки. В наши дни они все чаще находят свое применение в областях медицины, таких как челюстно-лицевая хирургия, стоматология, нейрохирургия, травматология и ортопедия.

Примером аддитивных технологий является производство протезов кисти руки [1]. Технологию создания съемных индивидуальных протезов кисти можно условно разделить на 3 основных этапа: получение данных изображения, цифровая обработка изображения и трехмерная печать.

Первый этап – получение первичных данных для моделирования протеза. К основным способам получения исходных данных для построения 3D-модели относят КТ (компьютерная томография), поверхностное сканирование целой конечности или с помощью виртуального донора. КТ считается наиболее предпочтительным видом сканирования, так как полученные изображения имеют наибольший контраст между мягкими тканями и костями. Для формирования 3D-модели сканированной части тела применяются слайсеры, позволяющие обработать изображения КТ и облако точек при поверхностном сканировании [2]. 3D-модель в ходе медицинского обследования верхней конечности импортируется в ПО для последующего формирования модели кистевого протеза.

Второй этап – моделирование в САД программах кистевого протеза, его креплений, механизмов, а также формируется будущий дизайн. Наиболее популярными ПО для этого – Blender, 3D's MAX, Geomagic Freeform Plus, Компас 3D, Autodesk MeshMixer, SolidWorks. Перечисленные программы могут использоваться, как для точечного решения задач по моделированию, так и для последовательного выполнения, используя их в связке.

Готовая модель протеза позволяет получить его зеркальную копию для другой конечности или отмасштабировать ее по размерам, учитывая индивидуальные особенности пациента [3]. Наиболее распространенным и экономичным методом 3D-печати, доступным в настоящее время, является моделирование методом послойного наплавления.

Третий этап – импорт 3D-модели в слайсер для создания задания 3D-принтера на печать. Импортируемая модель размещается на виртуальном столе, задаются настройки, учитывающие характеристики принтера и тип печатающего материала. После чего слайсер нарезает модель на слои и подготавливает файл-задание для 3D-принтера.

В процессе работы устройства печатная головка принтера наносит полимера с заданной толщиной слоя согласно настройкам, указанным в слайсере. Процесс печати изделия требует жесткого контроля со стороны оператора, допущенного к работе с оборудованием.

После завершения работы принтера напечатанные детали подвергаются обработке (механической, химической), производится сборка протеза. Обработка деталей напрямую зависит от типа применяемого полимера [4].

Благодаря инновациям в медицинском производстве [3] удастся повысить надежность операций, сэкономить время, снизить производственные расходы и стоимость конечных изделий, а главное – улучшить и продлить жизнь пациентов.

Литература

1. Аддитивные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Аддитивные_технологии. – Дата доступа: 27.02.2024.
2. Применение аддитивных технологий для разработки съемных кистевых протезов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://na-obr.ru/component/djclassifieds/?view=item&cid=4:publ-6&id=1129>. – Дата доступа: 27.02.2024.
3. Аддитивные технологии в медицине: как снизить риски для здоровья пациентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/588883/>. – Дата доступа: 27.02.2024.
4. Аддитивные технологии и их возможности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/6284222d9a79472c8b9a67bc>. – Дата доступа: 27.02.2024.

УДК 621.327

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП С КВАРЦЕВОЙ ОБОЛОЧКОЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Студент Чиликина П. А., аспирант Потапенко А. О.

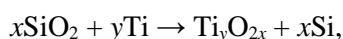
Д-р техн. наук Гавриш С. В., кандидат техн. наук Пучнина С. В.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

ООО «Научно – производственное предприятие «Мелитта», Москва, Россия

Современное оснащение производства изделий электронной техники раскрывает возможности для повышения эксплуатационных характеристик газоразрядных ламп за счет применения передовых технологий магнетронного напыления и индукционной пайки. До сегодняшнего дня конструкция разрядных источников света построена на применении фольгового ввода, который не выдерживает большие токи [1]. Исключить этот недостаток позволяет конструкция колпачково-стержневого токоввода, соединяемого с кварцевой оболочкой индукционной пайкой легкоплавкими припоями по нанесенному магнетронным способом металлическому покрытию.

Конструирование газоразрядной лампы проводилось в несколько этапов. Сначала выполнен термодинамический анализ по выбору металла для первого слоя металлизации и возможности протекания реакций при формировании спая следующего вида:



где Ti_yO_{2x} – оксиды титана: TiO , Ti_2O_3 , Ti_3O_5 и TiO_2 .

Далее с использованием разработанной математической модели магнетронного напыления выполнен анализ факторов, определяющий равномерность наносимых на поверхность цилиндрической трубки слоев меди и титана. Модель построена для системы, представляющей собой комбинацию неподвижной плоской мишени и вращающегося со скоростью ω_b барабана, периодически попадающего в зону напыления, с установленным на нем цилиндрическим образцом, совершающим круговое вращение вокруг своей оси с частотой ω_0 . На третьем этапе по полученным расчетным режимам выполнено нанесение медно – титанового покрытия и изучена растекаемость припоев на основе олова, свинца, индия и сплавов на их основе по напыленному слою и материалам токоввода (титан, ковар, инвар и т. д.). В результате установлено, что наиболее приемлемым является ковар и оловянный припой. На четвертом этапе была собрана установка индукционного нагрева (рис. 1) и выполнена пайка токоввода с кварцевой оболочкой.

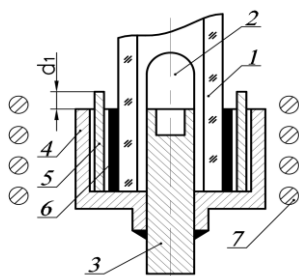


Рис. 1. Индукционная пайка электродного узла с оболочкой:

1 – колба; 2 – электрод; 3 – держатель; 4 – колпачок;

5 – припой; 6 – металлизированное покрытие; 7 – индуктор



Рис. 2. Разработанный токоввод в газоразрядную лампу

Проверка герметичности полученного спая (рис. 2) проводилась на гелиевом течеискателе ТИ1-50. Для изучения механизмов образования соединения токоввода с оболочкой лампы был изготовлен шлиф, исследование которого выявило образование силицида титана на границе кварц- металлизированное покрытие. Проведенная серия индукционных паяк показала, что при сборке электродного узла необходимо обеспечивать высоту кольца припоя d_1 в 1,3 раза больше длины металлизированного покрытия. Испытания модернизированной газоразрядной лампы на безотказность подтвердили правильность внедренных технических решений.

Литература

1. Маршак, И. С. Импульсные источники света. – Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 336 с.

ОСОБЕННОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ В ДОПЕЧАТНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Магистрант гр. 7-06-0716-03 Шевель Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Бурак В. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные печатные механизмы активно используют пластик как основной конструктивный материал, что упрощает и облегчает их эксплуатацию. Большая часть передаточных и трансмиссионных механизмов в рамках данных систем включает пластиковые элементы, что не только снижает затраты на проектирование и производство, но также может оказывать негативное влияние на эксплуатационные характеристики.

Цель данной работы заключается в изучении проблем, возникающих при использовании пластика в узлах транспортировки бумаги цифровых печатных машин и передаточных узлах проявочного оборудования. В ходе исследования был проведен анализ возможностей применения пластика при работе в ваннах проявочного процессора, заполненных концентрированным щелочным раствором при температуре 40 °С, а также в области запекания тонера в цифровой печатной машине при температуре около 120 °С.

На рис. 1 изображены механизмы передачи движения, включающие в себя пластиковые зубчатые колеса и комбинацию металлических и пластиковых колес. При использовании данного оборудования был замечен износ в области контакта зубьев металлического и пластикового колес. Нержавеющая сталь оказалась устойчивой к воздействию щелочных растворов и имела большую прочность по сравнению с пластиком. Передача, состоящая только из пластиковых зубчатых колес, не проявила признаков износа при равной продолжительности эксплуатации. Недостатком пластика является его склонность к износу при контакте с металлическими элементами, однако, его низкая стоимость и простота изготовления с использованием 3D-печати компенсирует данный недостаток.

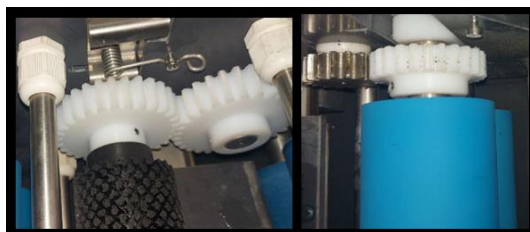


Рис. 1. Зубчатые передачи в проявочном процессоре

На рис. 2 продемонстрирован результат эксплуатации пластикового зубчатого колеса в узле печки при повышенных температурах, которые превышают 120 °С для качественного запекания тонера при печати тиража. Некоторые пластиковые материалы, такие как ABS, PETG, HIPS, обладают высоким рабочим температурным диапазоном, однако они подвержены явлению «слизывания» и потери твердости при длительной эксплуатации в установленном диапазоне повышенных температур, что приводит к быстрому износу. Было также установлено, что PETG обладает более высокой устойчивостью к таким условиям по сравнению с другими пластиками.



Рис. 2. Узел вращения передаточной ленты в печи для запекания тонера

УДК 62-233.3/9

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ В ДОПЕЧАТНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Магистрант гр. 7-06-0716-03 Шевель Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Бурак В. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

За последние десятилетия полиграфия приобрела тенденцию перехода на полимерные материалы в качестве конструкционного материала цифровых печатных машин, а также проявочных процессоров, что привело к уменьшению массы оборудования, и улучшило эргономические характеристики. Около восьмидесяти процентов передаточных узлов и механических передач содержат пластиковые элементы, что удешевило итоговое изделие, но привело и к негативным последствиям выявляемых в ходе долгосрочной эксплуатации.

Рассмотрим основные преимущества полимерных деталей, из-за которых такие важные единицы допечатного оборудования как химические проявочные процессоры полностью конструируются из них. Проявочные процессоры предназначены для изготовления офсетных пластин, а точнее для снятия остаточного слоя после прожигания лазером всех печатных элементов на алюминиевой форме. На рис. 1 представлена структурная схема проявочного процессора, где можно рассмотреть уровень раствора в ванне, а также ключевые зоны. Зона А – предварительный нагрев и ванная с концентратом щелочи. Зона В – промывка проточной фильтрованной водой. Зона С – зона нанесения Гума (защитное покрытие, состоящее из чистой щелочи), зона D – сушка и обдув готовой печатной формы.

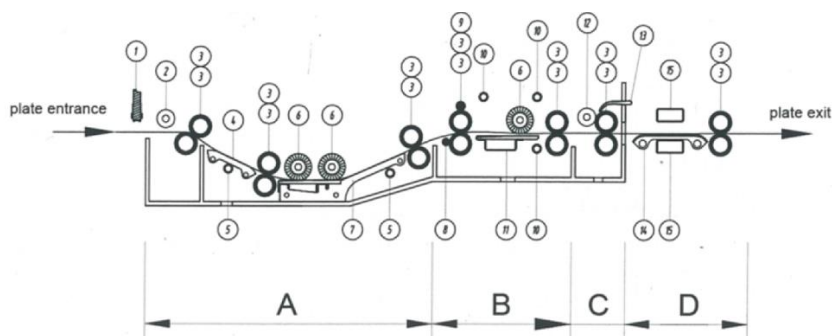


Рис. 1. Схематическое расположение узлов проявочного процессора

Таким образом, к преимуществам применения пластиковых деталей в проявочном оборудовании можно отнести:

- устойчивость к агрессивной щелочной химии, применяемой при проявке офсетных пластин;
- гидрофобность пластика, которая обеспечивает то, что осадочный слой, появляющийся после проявки пластин легко, смывается и не въедается в корпус;
- долговечность, при условии соблюдения условий эксплуатации оборудования.

Однако следует отметить и существенные недостатки применения пластика в конструкции химического процессора, например, изнашиваемость деталей, имеющих небольшую толщину. При долгосрочной эксплуатации такие детали теряют прочностные характеристики за счет постоянной повышенной температуры раствора по сравнению с окружающей средой и большой щелочной концентрации. Но для крупных механических узлов, таких как зубчатые колеса, выполняющих основную роль в процессе передачи движения всем валам проявочного процессора и отвечающих за плавное перемещение пластины по ваннам, результативность применения полимеров достаточно высокая, так как они невосприимчивы к агрессивной химии и за счет толщины зубчатых колес показывают достаточно высокую прочность при эксплуатации.

УДК 616.77; 681.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭНДОПРОТЕЗОВ СОСУДОВ

Магистрант гр. 61315023 Шумская А. П.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В связи с ростом сердечно-сосудистых заболеваний возрастает актуальность разработки и изготовления изделий медицинского назначения для кардиохирургии. В частности, это эндопротезы сосудов (стененты, фильтр-ловушки и т. д.), изготавливаемые из материалов с эффектом памяти формы, такие как никелид титана (нитинол).

Тема научного исследования посвящена совершенствованию конструкции, а также методов оценки параметров фильтров-ловушек из нитинола.

Фильтр-ловушка (cava-фильтр) – проволочная конструкция, устанавливаемая в просвет кровеносного сосуда (вены) и предназначенная для улавливания сгустков крови.

Плетеные фильтры изготавливают из проволоки плетением на специальных вязальных машинах. Тубулярные режутся из нитиноловой трубки лазером. Сборные получают соединением отдельных элементов.

Фильтры ловушки должны иметь в конструкции зацепы для фиксации в сосуде, поэтому их получение из цельного куска проволоки гибкой или плетением затруднительно.

Тубулярные вырезают целиком из нитиноловой трубки и раскрывают на манер китайского фонарика. Полученную форму фиксируют в печи. Примером может служить фильтр-ловушка Optease Retrieable Vena-cava-Filter (Cordis, USA).

Сборные имеют достаточно много разновидностей, при этом у них вполне однотипная конфигурация – расходящийся пучок проволочек.

Цели исследования – совершенствование конструкции и методов оценки параметров фильтров-ловушек.

Задачи:

- изучение конструкции фильтров-ловушек и способов их удаления из организма;
- теоретическое исследование процесса удаления фильтров-ловушек;
- экспериментальное исследование процесса удаления и разработки методики контроля усилия извлечения фильтра из организма.

Сущность и методика исследования.

В ходе изготовления нитиноловых фильтров-ловушек в ООО «Полимедтех» возникает необходимость конструктивного обеспечения возможности их удаления из организма после окончания периода работы, а также испытаний с определением необходимого усилия извлечения. Различные разновидности фильтров-ловушек имеют различные конструкции элементов для фиксации и извлечения, что требует их проверки на прочность при рабочих усилиях, а также совершенствования механических характеристик для повышения надежности элементов.

Вывод. В ходе исследования предстоит разработать конструкции испытательного оборудования и методики его использования, а также оптимизировать конструкции элементов фильтров для их извлечения из организма после окончания срока работы.

Литература

1. Разработка и исследование конструктивных и технологических параметров формообразования изделий медицинского назначения из никелида титана в рамках задания 4.1.08 «Разработка и исследование технологии задания формы материалам на основе никелида титана для получения изделий медицинского назначения» / [Электронный ресурс]: отчет о НИР (заключительный): ГБ 14-91 / Белорусский национальный технический университет, рук. Минченя В. Т., исполн. Савченко А. Л., исполн. Минченя Н. Т., исполн. Королев А. Ю., исполн. Филонова М. И. – Электрон. дан. – Минск, 2015. – 120 с.

УДК 615.47

СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКГ С ПОМОЩЬЮ ARDUINO: ДОСТУПНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕРДЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Студент гр.МС-401 Эркабаева А. Н.

Ст. преподаватель Махмудов С. Й.

Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций в городе Ташкенте, Ташкент, Узбекистан

Сердечно-сосудистые заболевания являются одной из ведущих причин смерти во всем мире. Для диагностики и мониторинга сердечной активности широко используется электрокардиография (ЭКГ). Однако, профессиональные лабораторные системы ЭКГ могут быть дорогими и недоступными для исследования и обучения в учебных заведениях и научных лабораториях. В этой статье представляется доступное решение – создание лабораторной системы ЭКГ с использованием платформы Arduino.

Наше Arduino – составлено с аппаратно-программной платформой, предоставляющая простой и гибкий способ создания электронных проектов. Она состоит из микроконтроллера и среды разработки, которая позволяет программировать и взаимодействовать с различными электронными компонентами.

Arduino Uno: основная плата Arduino, оснащенная достаточным количеством цифровых и аналоговых входов/выходов для подключения электродов и сбора данных ЭКГ прилагается электроды, усилитель сигнала, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который преобразует аналоговый сигнал ЭКГ в цифровой формат, который может быть прочитан Arduino и компьютер для использования для визуализации и анализа данных ЭКГ.

Для создание лабораторной системы ЭКГ с Arduino в начале подключаем электродов: электроды крепятся на груди пациента в соответствии с установленными стандартами размещения и усилителя сигнала: усилитель сигнала подключается к электродам, Arduino для усиления и фильтрации сигнала ЭКГ, АЦП: АЦП подключается к усилителю сигнала и Arduino для преобразования аналогового сигнала в цифровой формат. Для программного обеспечения Arduino настраивается для сбора и обработки данных ЭКГ. Визуализация и анализ данных: собранные данные ЭКГ передаются на компьютер, где они могут быть визуализированы и проанализированы с помощью специального программного обеспечения.

Преимуществом создания лабораторной ЭКГ с помощью Arduino дает нам доступность, гибкость и обучение для студентов учащихся ВУЗ. В том числе а практических применениях и занятиях лабораторной ЭКГ с Arduino.

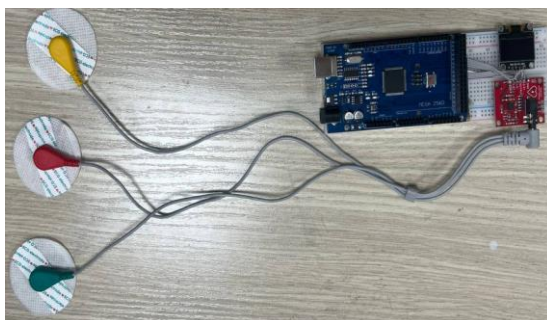


Рис. 1. Соединение Arduino

Создание лабораторной системы ЭКГ с помощью Arduino представляет собой доступное и гибкое решение для мониторинга сердечной активности. Это позволяет исследователям, студентам и преподавателям проводить исследования, обучение и мониторинг сердечной активности с минимальными затратами

Литература

1. Banzi M., Shiloh M. Getting started with Arduino. – Maker Media, Inc., 2022. –262 p.
2. Ozer, J. Practical Arduino: cool projects for open source hardware / J. Ozer, H. Blemings. – Apress, 2011. – 423 p.

УДК 616.314-77:004.925.84

ЗУБНОЕ ПРОТЕЗИРОВАНИЕ И МЕТОДИКА CAD/CAM

Студент гр. 11307122 Юшкевич А. Г., студент гр. 11307122 Соловьева А. А.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И., инженер Богдан Д. Ю.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С протезированием зубов сталкивается большая часть людей. Это связано с кариесом, недостаточной гигиеной полости рта, различными заболеваниями, наследственностью, травмами. Современное протезирование очень широко развито. Существует множество способов и методов восстановления нормального зубного ряда [1].

Все зубы пациента можно разделить на несколько групп. Они имеют свои особенности анатомического строения, а также выполняют разные функции. В связи с этим при протезировании обязательно нужно учитывать, какой зуб предстоит восстановить.

Реставрационную стоматологию сегодня сложно представить без компьютерных программ. Ручное изготовление протезов путем литья планомерно уступает место новой, точной и быстрой CAD/CAM-технологии в стоматологии.

CAD/CAM – это современная цифровая методика, которая автоматизирует процесс создания зубных протезов: заготовка моделируется в электронной программе и фрезеруется на станке с числовым программным управлением (ЧПУ).

Технология расширяет спектр используемых в протезировании материалов и позволяет включить в него: специальные виды керамики (разработанные для биосовместимости, прочности, оптическим свойствам, аналогичным свойствам зубной эмали), композитно-полимерные, металлы (включая титан, кобальт-хром), композиты на основе стеклянного вяжущего и др. Если конструкция выполняется из диоксида циркония, после производства она проходит термическую обработку.

Преимущества CAD/CAM:

- создание конструкций любой формы и сложности;
- отсутствие дискомфорта при сканировании ротовой полости;
- быстрота изготовления ортопедических конструкций;
- возможность создавать изделия из разных металлов, включая диоксид циркония;
- позволяют получить исключительно точные протезы.

Технология CAD/CAM подходит для создания цельных керамических и металлических несъемных протезов разных видов: коронок, виниров, абатментов и пр. Этот метод лишен привычных недостатков предыдущих технологий: усадки, деформации, перегрева металла, наличия пор и непролитых участков [2].

Ее применение в протезировании позволяет гарантировать хороший результат, а также исключить осложнения, связанные с неточным расчетом или проектированием.

Адаптация после протезирования проходит быстрее. Это связано с высокой точностью компьютерной модели. Протез точно воспроизводит утерянный или разрушенный зуб, что пациент его не чувствует.

Таким образом протезирование зубов является современным методом замены собственных утраченных зубов. Данная технология развивается более сорока лет и является очень распространенной во всем мире [3].

Литература

1. Сеть стоматологических клиник [Электронный ресурс] // ds-spb. – Режим доступа: <https://ds-spb.com>. – Дата доступа 26.02.2024.
2. Технология CAD/CAM. Производство циркониевых коронок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/>. – Дата доступа 25.02.2024.
3. Методы протезирования зубов: виды протезов, этапы, способы установки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dentberg.ru/>. – Дата доступа 25.02.2024.

СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА

УДК 537.622.4

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТОВОЙ ФЕРРИТ ШПИНЕЛИ

Студент гр. 11310120 Абмётко Н. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет

Проводимое исследование направлено на исследование различий физических свойств феррита кобальта с формулой CoFe_2O_4 синтезированного твердофазным методом, где в качестве исходных компонентов выступали оксиды переходных металлов, с разной степенью окисления. Были исследованы магнитные характеристики методом вибрационной магнитометрии (VSM), в широком диапазоне магнитного поля. Были установлены первичные магнитные параметры и установлена зависимость влияния исходных компонентов на конечные свойства шпинели.

Исходными компонентами выступали оксиды железа и кобальта, в которых варьировалась степень окисления переходных металлов. В синтезе были использованы следующие соединения: Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CoO , Co_3O_4 . Были рассмотрены все возможные матрицы состояний, а именно $\text{CoO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{CoO} + \text{Fe}_3\text{O}_4$, $\text{Co}_3\text{O}_4 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Co}_3\text{O}_4 + \text{Fe}_3\text{O}_4$.

Шихта была приготовлена с помощью исходных компонентов, которые представляли собой кристаллические порошки, взятые в соответствующей пропорции. Гомогенизация шихты производилась с помощью планетарной мельницы, далее для увеличения площади контакта между частицами полученная шихта была спрессована под давлением 150 кПа, затем проводился обжиг в течении 6 часов при температуре 1 100 °С, после полученные образцы были размолоты, повторно спрессованы и обожжены при тех же условиях что и в предыдущем этапе. Полученные после повторного спекания образцы перемалывались на планетарной мельнице.

В результате исследований с помощью вибрационной магнитометрии в полях от -3 до 3 Тесла, были получены следующие результаты.

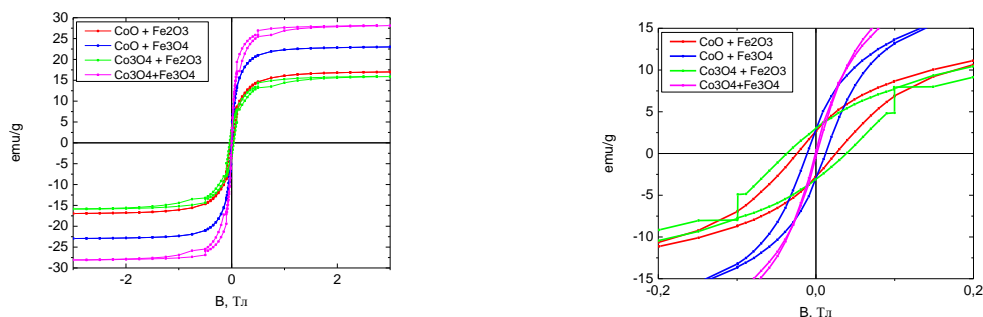


Рис. 1. Петли гистерезиса, полученные при температуре 300 К

Из этих графиков можно вывести множество магнитных переменных, включая намагниченность насыщения (M_s), остаточную намагниченность (M_r), коэрцитивную силу (H_c), отношения прямоугольности (M_r/M_s), вклад, обусловленный магнитокристаллической анизотропией, и полем анизотропии (H_a). Все петли гистерезиса имеют общую характеристику – узкую структуру, а также относительно небольшую общую площадь и очень низкие коэрцитивные магнитные поля (H_c). Эти свойства классифицируют исследуемые образцы как магнитомягкие материалы. Следовательно, данные материалы можно использовать в конструкциях, где часто требуется перемагничивать материалы, без особых затрат энергии.

Изучение образцов феррита выявляет интригующую закономерность: составы II и IV у которых в составе имеется Fe_3O_4 в отличие от составов I и III имеют меньшую общую площадь, и имеют более «вытянутую» форму, следовательно, обладают меньшей коэрцитивной силой примерно в 2–5 раз, однако большей намагниченность насыщение – порядка 1,5 раза при комнатной температуре.

УДК 621.3

ВАКУУМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ SNT SIGMA-400 V

Магистрант гр. 61315023 Амелянович К. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной научной работы является изучение свойств работы вакуумно-технологического оборудования SNT Sigma-400 V.

SNT Sigma-400 V – вакуумная технологическая установка периодического действия шлюзового типа.

Установка оснащается сухими механическими насосами для предварительной откачки, системой высоковакуумной откачки на турбомолекулярной насосе и криопанели или крионасосе.

Конструктивно ВТО состоит из модулей загрузки (ручного и автоматического), каркас с установленными на нем шлюзовой камерой, технологической камерой очистки и технологической камерой нанесения покрытий, а также электротехнического шкафа с блоками питания и управления.

Шлюзовая камера оснащена системой откачки, напуска. Камера отсекается от атмосферы и от технологической камеры очистки щелевыми затворами.

Технологическая камера очистки оснащена системой откачки, напуска, предварительного нагрева и ВЧ очистки изделий перед напылением. Камера отсекается от шлюзовой и от технологической камерой- щелевыми затворами.

Технологическая камера нанесения покрытий оснащена системой откачки, нагрева, до 5-ти планарных прямоугольных источников распыления (магнетронов). Взаимное расположение магнетронов и стационарных заслонок исключают взаимное загрязнение напылительных источников. Технологическая камера нанесения покрытий снабжена легкоъемными экранами, защищающими стенки камеры от запыления.

Модуль загрузки обеспечивает загрузку-выгрузку подложек в ручном и автоматическом режиме, возможность оперативной смены подложкодержателей для перехода на другой типоразмер подложек.

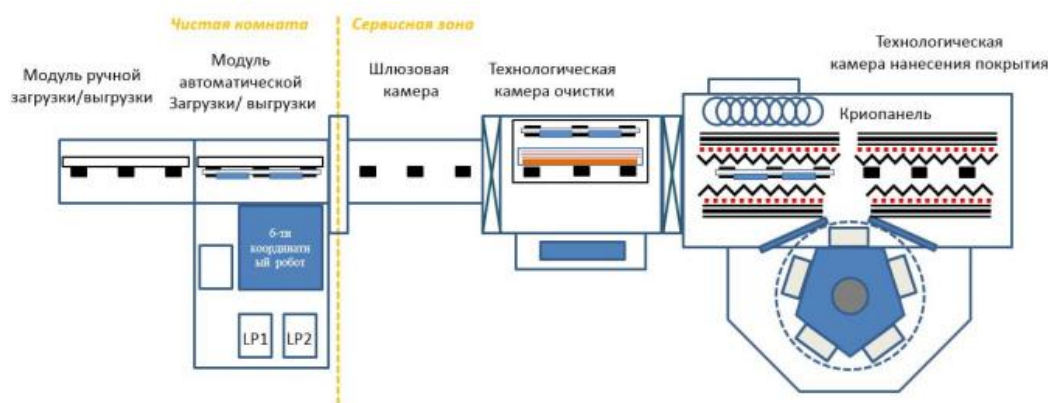


Рис. 1. Вид сверху SNT Sigma-400 V

Каретка представляет собой жесткую раму с круглой направляющей на нижней стороне, и ферромагнитной направляющей сверху. Нижняя направляющая контактирует с профилированными роликами транспортной системы, верхняя удерживается блоками бесконтактной магнитной опоры. В технологической камере, верхняя и нижняя часть каретки защищены от запыления и воздействия плазмы.

Держатель подложек – легкоъемная сменная деталь, установленная на каретке. Представляет собой металлическую пластину с фрезерованными углублениями под подложки, и полимерными (полиимид, РЕЕК) вставками или покрытием, обеспечивающими отсутствие контакта с планарной поверхностью подложек в зоне за пределами 3 мм от краев с обеих сторон. Для каждого типа подложек разрабатывается свой держатель подложек.

УДК 621.3.049.77

ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА КРЕМНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ

Магистрант гр. 51315023 Антонов М. С.

Кандидат техн. наук Реутская О. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Процесс обработки кремниевых пластин при изготовлении газовых сенсоров зависит от следующих параметров: лазерное геттерирование, режим работы лазера для выбранной топологии изделия, использование системы воздушной очистки для удаления образующихся оксидов, закалка и полировка поверхности. В результате выполнения исследований по разработке газовых сенсоров на установке лазерной обработки «Турбоформа-РА» был изготовлен кристалл сенсора на подложке из кремния с перфорацией в области нагревателя и информационных электродов (рис. 1).

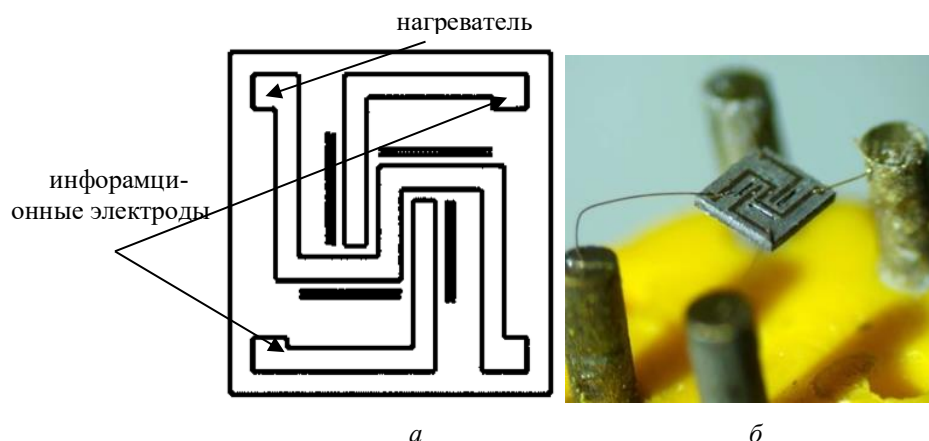


Рис. 1. Кристалл газового сенсора на кремниевой подложке: *a* – топология кристалла; *б* – кристалл, соединенный с корпусом гибкими проводниками

После установки кристалла в корпус проведены измерения вольтамперной характеристики сенсора, время наработки при этом составило 560 ч (рис. 2).

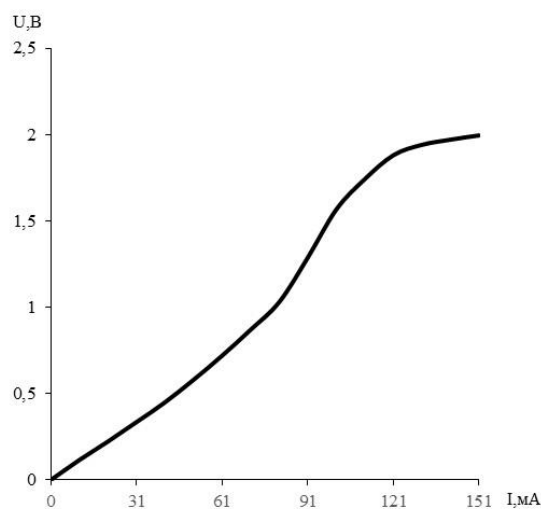


Рис. 2. Вольтамперная характеристика газового сенсора, изготовленного на установке «Турбоформа-РА»

Использование лазерной фрезеровки материалов позволяет создавать чувствительные элементы со сложными конфигурациями за один технологический прием без потери качества обрабатываемого изделия. Процессы компьютерного моделирования обеспечивают создание моделей устройств для прототипирования на установке лазерной обработки.

УДК 681.84

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДАТЧИКОВ УГЛА НАКЛОНА

Магистрант гр. 51315023 Антонов М. С.

Кандидат техн. наук, доцент Таратын И. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Установка МикроСЕТ оснащена иттербиевым импульсным волоконным лазером с длиной волны 1064 нм, частотой импульсов до 100 кГц, средней мощностью лазера до 20 Вт, размер луча в зоне обработки не более 25 мкм.

Управляя данными параметрами возможно создание, кремневой части чувствительных элементов, высокоточных датчиков угла наклона, акселерометров и кольцевых микрогироскопов. Используя ЕСКД разработанный в МНИИ Радиоматериалов, нами выбраны и оптимизированы режимы лазерного фрезерования и полировки чувствительных элементов. Результат представлен на рис. 1.

Учитывая технические требования, необходимо получение подвесов как основного элемента, обеспечивающего высокую чувствительность в части толщины 20 микрон. Была использована технология изотропного кислотного травления. Кислотный травитель состоит из уксусной, плавиковой и азотной кислоты. Была проведена экспериментальная работа по выбору времени травления, которая позволила получить необходимое качество поверхности подвесов. Толщина подвесов в самой узкой самой части составила 15–20 мкм, результаты представлены на рис. 2.

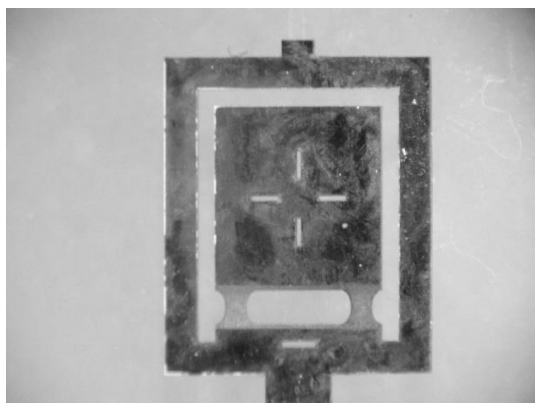


Рис. 1. Полученный образец

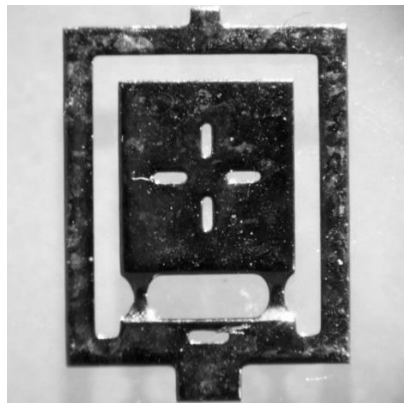


Рис. 2. Образец после обработки в кислоте

Данная конструкция и технология предварительно позволят получить, при создании датчика угла наклона, погрешность измерения около 40 угловых секунд при наклоне основания ± 5 градусов.

УДК 541

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ БАРИЕВЫХ ФЕРРИТОВ

Студент гр. 11310121 Артемук А. И.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является исследование технологического процесса и построение технологической схемы получения бариевых ферритов. В работе проведен обзор литературных источников в области получения ферритов. Особое внимание уделено изучению ферритов для СВЧ-электроники, а именно феррита бария $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

Для получения материала с магнитными свойствами был использован классический керамический метод спекания. Для приготовления реакционной смеси использовали следующие порошки: BaCO_3 , Fe_2O_3 . Порошки взвешивали в необходимых пропорциях после расчета шихты. Расчет шихты проводили следующим образом: перевели содержание компонента из молярных

процент в массовые части (21,86 для BaO и 137,14 для Fe₂O₃), перевели массовые части в массовые проценты (13,75 % для BaO и 86,25 % для Fe₂O₃) и после вычисления шихтовых коэффициентов для всех оксидов составили рецепт шихты в граммах (17,7 грамм для BaO и 86,25 грамм для Fe₂O₃). После взвешивания компонентов порошки и добавки (CaCO₃, Al₂O₃, CaSiO₃ и H₃BO₃) измельчали в мельнице в течение 2 часов.

Ферритизацию проводили до температуры 900–1200 °С в течение 5 часов. Затем проводили охлаждение до комнатной температуры. Чтобы снизить температуру спекания вводили ПАВ (лимонную кислоту, газопропиловый спирт и акриловые добавки). Далее проводилось измельчение до размера частиц 0,8–1,8 мкм. Для этого использовали энергетическую мельницу тонкого помола. Было подобрано оптимальное давление прессования – 200 МПа. Полученные изделия подвергались термообработке (спеканию) в туннельной печи при $T = 1150–1190$ °С. Время спекания составило 5 ч. После окончания спекания печь выключали и давали образцам остыть естественным образом. На рис. 1 представлена разработанная технологическая процесса.

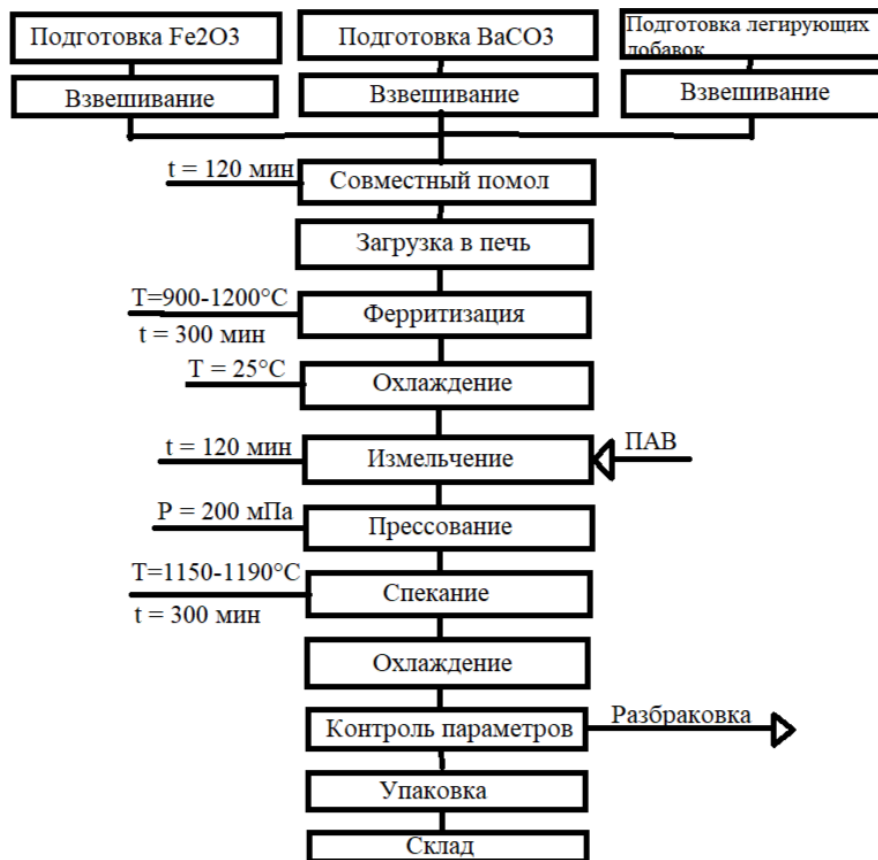


Рис. 1. Технологическая схема получения бариевых ферритов

Позволяет использовать ферриты в качестве основы для создания СВЧ-устройств – изменение их магнитных параметров под действием внешнего магнитного поля. Так же под действием внешнего магнитного поля изменяется проницаемость феррита, в целом практическое применение СВЧ-ферритов основано на эффекте ферромагнитного резонанса [1].

Литература

1. Злобин, В. А. Ферритовые материалы: учеб. пособие / В. А Злобин. – М.: Издательский центр «Академия», 1970. – 112 с.

УДК 531.768.5

РАЗНОСТЬ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА

Студент гр. 11310121 Артемук А. И.¹, магистрант Насевич А. А.¹
Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.¹, ст. преподаватель Люцко К. С.¹,
мл. научный сотрудник Трухан Р. Э.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

МЭМС акселерометры широко применяются в навигационном оборудовании, транспорте и робототехнике. Акселерометры на упругих подвесах имеют недостаток в ограниченной виброустойчивости и ударной стойкости из-за сложностей установки микроколебательной системы [1]. Более простым в изготовлении является балочный акселерометр. При такой конструкции, схема, основанная на измерении величины сигнала поверхностной акустической волны (ПАВ), имеет большое преимущество перед емкостной из-за лучшего отношения сигнал/шум во всем рабочем диапазоне частот [2]. Для создания ПАВ на консоли акселерометра формируют встречно-штыревой преобразователь (ВШП) и отражатели [3]. Встречно-штыревой преобразователь индуцирует две взаимно направленные бегущие акустические волны, которые отражаются от отражателей и образуют стоячую волну. Нагружение консоли контрольной массой, позволяет увеличить чувствительность датчика за счет увеличения упругой деформации, пропорциональной ускорению [1].

Цель данной работы – расчет разности собственных частот резонаторов МЭМС-акселерометра на ПАВ при действии ускорений на его чувствительный элемент при разной длине между центрами невозмущенного резонатора и ВШП.

Зависимость разности собственных частот ($f_2 - f_1$) резонаторов от длины между центрами невозмущенного резонатора и ВШП (l_0) для нескольких материалов балки показан на рис. 1. Увеличение длины между центрами невозмущенного резонатора и ВШП (l_0) снижает разность собственных частот ($f_2 - f_1$) резонаторов. Большая разность частот наблюдается у ниобата лития. Заметное различие ($f_2 - f_1$) для описанных материалов предоставляет выбор материалов в зависимости от требуемых параметров.

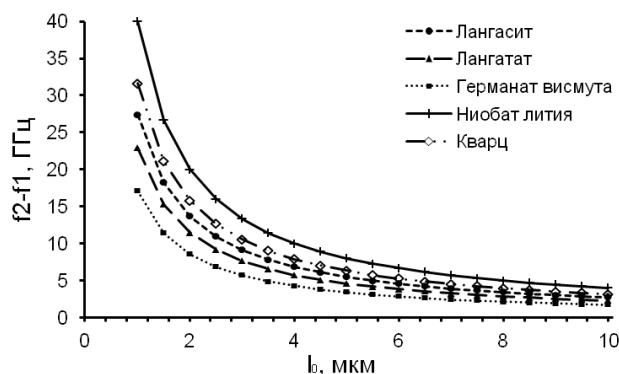


Рис. 1. Зависимость разности собственных частот ($f_2 - f_1$) резонаторов МЭМС-акселерометра в возбужденном состоянии от длины между центрами невозмущенного резонатора и ВШП (l_0)

Литература

1. Surface-Acoustic-Wave Sensor Design for Acceleration Measurement / S. Shevchenko [et al.] // Sensors. – 2018. – Vol. 18, № 7. – P. 2301.
2. Григорьев, Л. В. МЭМС акселерометр на ПАВ / Л. В. Григорьев [и др.] // Волновая электроника и ее применения в информационных и телекоммуникационных системах. – 2018. – С. 110–111.
3. Корениха, Н. А. Влияние длины невозмущенного резонатора МЭМС-акселерометра на ПАВ на его резонансную частоту / Н. А. Корениха, Т. А. Кузнецова, В. А. Лапицкая // Новые направления развития приборостроения: материалы 13-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 15–17 апреля 2020 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – С. 165–166.

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОНИТЕЙ

Студент гр. 11310121 Беницевич А. П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель работы заключается в кратком обзоре технологий изготовления одного из видов наноматериалов. В данной работе рассмотрены способы формирования нанонитей – электроспиннинг, самосборка, матричное формирование.

Технология наноэлектромеханических систем имеет два типа. Первый подразумевает под собой изготовление, схожее с поверхностной микрообработкой при изготовлении микроэлектромеханических устройств. Основное отличие в технологии заключается в том, что разрешение литографических систем находится в нанометровом диапазоне. Второй вариант – формирование наноструктур без применения операций литографии.

Так как в настоящее время наиболее известными устройствами НЭМС являются нанорезонаторы на основе наностержней, основным элементом которых являются одномерные нанобъекты – нанонити, именно технологии их изготовления представляют наибольший интерес. Нанонити (или нановолокна) представляют собой структуры, размеры которых в двух измерениях находятся в диапазоне единиц до сотен нанометров.

Основные известные в настоящий момент способы их изготовления: самопроизвольный рост нанонитей, изготовление на основе матриц, электроспиннинг.

Матричное формирование нанонитей подразумевает под собой наполнение растворами или расплавами формируемых наноструктур ранее сформированных матриц из анодного оксида алюминия или трековых мембраны. После заполнения пор матрицу удаляют путем травления. Вследствие того, что материалы должны выдерживать большие температуры, они смачиваются растворами или расплавами.

Электроспиннинг – способ, который для образования тонкого полимерного волокна использует электростатические силы. Принцип данного технологического процесса состоит в приложении к соплу высоковольтного внешнего электрического поля, вследствие чего происходит выброс непрерывной нити, которая двигается к противоположному электроду и в процессе данного пути удерживается за счет сил поверхностного натяжения. Когда электрическое поле достигает максимума с конца конуса выбрасывается полимерное волокно (рис. 1).

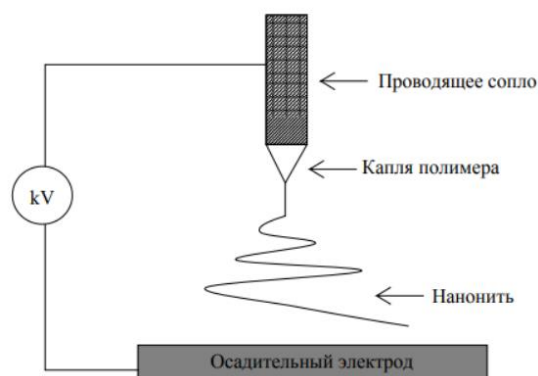


Рис. 1. Схема электроспиннинга

Самосборка – это способ создания ультратонких органических пленок, который также может быть использован для формирования нанонитей.

Литература

1. Наноэлектромеханические системы. Бионические и самособирающиеся материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/ZIDWTG1BgnT5I2Wr>. – Дата обращения: 02.03.2023.

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ GaN

Студент гр. 11310121 Бенищевич А. П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель данной научной работы заключается в изучении электролюминесценции гетероструктур на основе нитрида галлия. В работе были изучены основные параметры, влияющие и демонстрирующие работу светодиодов на основе нитрида галлия. Особое внимание было уделено спектрам излучения и влиянием внешних факторов, а также цветовой системе светодиода.

Светодиод на основе нитрида галлия имеет возможность преобразовывать синее излучение в белое. Обыкновенный диод имеет три слоя полупроводниковых материалов. N – слой, P – слой и промежуточный слой. Промежуточный слой подразумевает под собой кристалл с определенной шириной запрещенной зоны.

Для излучения белого цвета необходимо найти материал с большой шириной запрещенной зоны, которыми могут обладать элементы II и IV группы таблицы Менделеева, а также нитриды III группы. Было проведено много экспериментов, в ходе которых найден самый оптимальный, а именно диод на основе нитрида галлия допированный индием на подложке из карбида кремния или сапфира. Нужно отметить, что особенность спектра белого излучения светодиодов является наличие двух пиков, один обусловлен свечением кристалл, а второй влиянием люминофора. При возрастании прямого тока происходит увеличение полуширины спектра и при этом повешение интенсивности излучения, что подразумевает под собой улучшение характеристик, а также цветопередачу источника тока.

Доминантная длина волны излучения – это длина волны монохроматического цвета, который располагается на периметре цветового графика на самом коротком расстоянии от источника света. Спектральный локус – это кривая, построенная из значений спектрально чистых цветов во все видимом диапазоне. Планковская кривая подразумевает под собой график цветности источников света, называемые абсолютно черным телом, которое излучает свет благодаря тепловой энергии.

Основной характеристикой светодиодного светильника является цветовая температура, чем она ниже, тем меньше процент излучения синего цвета и больше – красного, если наоборот, то больше зеленого и синего цвета. График МКО производит отбор вспомогательных друг к другу цветов и демонстрирует пределы высшей чистоты цветов.

Данный диод распространен в жизни человека почти везде: в компьютерной технике, бытовой технике, мобильных телефонах, автомобилях. Изучение данного диода стало прорыв в физике полупроводниковых, которое привело к большому технологическому прогрессу [1].

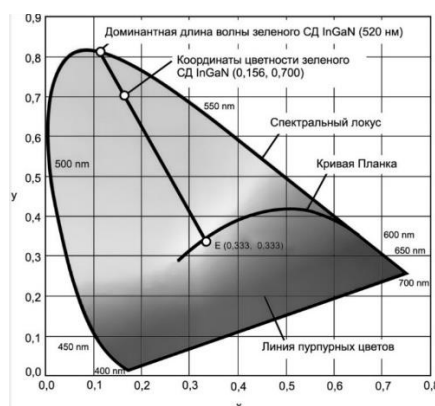


Рис. 1. Цветовая модель исследуемого светодиода

Литература

1. Гетероструктуры на основе нитрида галлия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://microwave-e.ru/materials/geterostruktury-na-osnove-gan/>.

УДК 517.97:615.47

ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАСТИН ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА

Студенты гр. 11307121 Билейчик А. А., Охремчик В. А., аспирант Муудинов И.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время для создания оптимальных конструкций ортопедических имплантатов широко используется метод топологической оптимизации. В отличие от оптимизации формы, в которой возможные варианты конструкции формируются из исходного путем деформации существующих границ, топологическая оптимизация допускает формирование новых границ, например, отверстий в изначально сплошном материале, то есть допускает изменение топологии. Результатом топологической оптимизации обычно является создание облегченной по массе конструкции изделия, не уступающей по своим характеристикам базовой конструкции из сплошного материала.

Решение трехмерных задач топологической оптимизации пластин для остеосинтеза из-за их сложной геометрической формы существенно отличается от решения задач оптимизации в двумерной постановке.

Первое принципиальное отличие связано с формой крепежных отверстий. В двумерной модели пластины они представлялись нами в упрощенной форме в виде полукруговых областей (в силу геометрической симметрии рассматривалась четверть пластины) (рис. 1, а). Это позволяло задавать области предписанной плотности $\rho = 1$, необходимые для сохранения положения и формы крепежных отверстий в процессе оптимизации, в виде фигур простой геометрической формы, а именно полуколец. В трехмерной модели пластины крепежные отверстия имеют более сложную форму, характерную для блокируемых компрессионных пластин (locking compression plates, LCP). По этой причине требуется применение более сложных геометрических тел для задания области предписанной плотности (рис. 1, б).

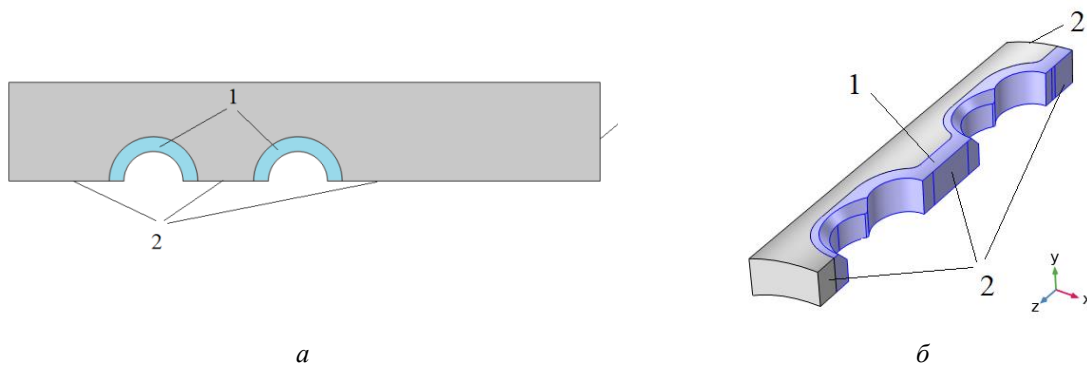


Рис. 1. Геометрические модели пластины:
1 – области предписанной плотности; 2 – плоскости симметрии

Вторая особенность связана с количеством областей предписанной плотности. В двумерной модели оно соответствовало количеству крепежных отверстий, то есть зоны были изолированы друг от друга. При проведении топологической оптимизации трехмерной модели такой подход привел к потере связности пластины и распаду области оптимизации на несколько подобластей. В связи с этим в трехмерной модели была создана дополнительная область предписанной плотности – перемычка, соединяющая крепежные отверстия и направленная вдоль продольной плоскости симметрии пластины.

Последней особенностью является необходимость задания дополнительного граничного условия. В качестве такого условия выступает равенство нулю нормальной составляющей перемещения точек опорной поверхности пластины. Это условие должно учитываться для беззорного прилегания поверхности пластины к поверхности кости.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГЕЛЕЙ

Студент гр. 11304121 Война М. С.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение формирования полиэлектrolитных гелей.

В данной работе проведен обзор литературных источников в области коллоидной химии. Рассмотрены основные понятия науки, изучены основные дисперсные системы. Особое внимание было уделено рассмотрению формирования гелей. Коллоидная химия изучает характерные свойства и особенности поведения коллоидных систем, включая структуру и взаимодействия между их частями. Актуальным направлением является анализ характеристик, структур коллоидных систем. Формирование гидрогелей обычно включает полимеризацию мономера и сшивающего агента в растворе, дополнительно осуществляют очистку от маломолекулярных примесей. Работа полиэлектrolитных восприимчивых гелей основана на взаимодействии между полимерной матрицей и окружающей средой (рис. 1).



Рис. 1. Схематическое изображение полиэлектrolитного геля

Полиэлектrolитные сетки в водной среде способны к значительному набуханию. На рис. 2 представлен полиэлектrolитный гель, набухающий в большом количестве воды. При помещении в водную среду противоионы в геле свободно перемещаются, т. е. обладают трансляционной энтропией. Они макроскопически нейтральны, поэтому не могут покинуть объем гели, хотя с точки зрения энтропии это выгодно.



Рис. 2. Вид геля в сухом и набухом состоянии

Энтропия возникает из-за равномерного распределения противоионов по всему объему. Это приводит к тому, что противоионы оказывают давление на гель и вызывают его расширение. Подобное давление служит основой для суперабсорбционных свойств полиэлектrolитных гелей. Важно отметить, что это объяснение имеет физическую природу и распространяется на все заряженные гели, независимо от их микроструктуры. Полиэлектrolитные гели из числа гидрогелей представляют особый вид, обладающий уникальными свойствами. Они используются в различных областях техники.

Литература

1. Гроссберг, А. Ю. Физика в мире полимеров / А. Ю. Гроссберг, А. Р. Хохлов. – М.: Наука, 1989. – 206 с.

ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Студенты гр. 11310120 Войтюк Д. М., Россоловский А. Ю.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение процессов лазерной обработки материалов при производстве изделий микроэлектроники. В данной работе приведен критический анализ данных по теме.

Существует множество методов обработки материалов такие как: механическая, термическая, химическая и лазерная. Однако последний имеет ряд преимуществ. Лазерная обработка материалов – это метод, при котором лазерный луч воздействует на поверхность или объем материала, изменяя его структуру, свойства, форму. Основные преимущества лазерного метода обработки, это: высокая точность, универсальность и экологичность.

С помощью лазерной обработки есть возможность обрабатывать различные материалы: металлы, полупроводники, керамику, стекло, пластики и др. Параметры лазерного луча могут быть настроены в зависимости от характеристик материала и требуемой обработки. Самыми важными являются длина волны, мощность, длительность импульса и т. д. Сфокусированный луч может выполнять скрайбирование и лазерное сверление с контролем глубины и формы в микронном диапазоне. А при изменении параметров, луч может наносить тонкие покрытия или использоваться для лазерной литографии.

Лазерная литография – это метод нанесения изображения на поверхность материала с помощью сфокусированного лазерного луча. Она основана на изменении свойств фоторезиста под действием излучения. При попадании лазерного луча на фоторезист, он вызывает химические или физические реакции такие как: полимеризация, деполимеризация, абляция и др. Эти реакции изменяют параметры фоторезиста и формируют необходимое изображение, а лишние участки удаляются. Лазерная литография требует чувствительных к лазерному излучению фоторезистов, а также сложного и дорогостоящего оборудования обеспечивающего контроль высокой температуры и механического воздействия лазерного луча.

Выделяют три основных метода лазерной литографии.

Двухфотонная лазерная литография – это метод, за счет которого можно создавать трехмерные структуры произвольной формы с разрешением до 100 нм. Происходит это за счет поглощения фоторезистом двух фотонов одновременно, приводящее к его локальной модификации.

Лазерная интерференционная литография – метод для создания фотонных кристаллов. Фоторезист экспонируется в волне, которая формируется когерентными лазерными пучками. Метод позволяет создавать периодические структуры с малым периодом [1].

Лазерная проекционная литография позволяет создавать печатные платы (структуры с большой площадью и высокой скоростью производства). Фоторезист экспонируется изображением, которое формируется быстрым движением лазерного луча и проецируется через оптическую систему. Из преимуществ лазерной проекционной литографии хотелось бы выделить высокую разрешающую способность, высокую скорость обработки, гибкость в выборе материалов и точное управление процессом.

В заключение отметим, что в настоящее время вариантов обработки изделий микроэлектроники широкое разнообразие, но лазерный метод занимает огромную нишу в этой сфере. Благодаря развитию CAD/CAM-систем и связью их с установками лазерной обработки, прототипирование и изготовление изделий микроэлектроники выходит на новый уровень. Лазерные системы способны автономно, технологично, безопасно и с высокой точностью работать с различными по свойствам материалами и доводить их до готового продукта.

Литература

1. Fundamentals of laser-lithography processes / Lü L. [et al.] // Laser-Induced Materials and Processes for Rapid Prototyping. – 2001. – P. 9–38.

УДК 681.84.081.48

МИКРОФОННЫЕ РЕШЕТКИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЭМС

Студент гр. 11310120 Войтюк Д. М.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение работы микрофонных решеток, а также особенностей их реализации на основе МЭМС. В данной работе приведен критический анализ научных данных по теме.

Одной из важных параметров различных микрофонов является характеристика направленности, то есть чувствительность микрофона к направлению падения звуковой волны. По характеристике направленности микрофоны бывают направленными и ненаправленными. К направленным относятся двунаправленные, кардиодные, гиперкардиодные, микрофонные решетки.

Микрофонные решетки – это конструкции, представляющие собой решетку, в узлах которых находятся микрофоны для направленного приема звука от различных источников. Микрофоны, составляющие микрофонную решетку, принимают звук со всех направлений. Их электрические сигналы содержат информацию о звуках. При совместной обработке этих сигналов, можно выделить определенный звук с заданного направления.

Однако такие устройства имеют большие размеры, что не позволяет использовать их в носимой электронике. Для использования данной технологии в носимой электронике, а также в других сферах, где важно малое энергопотребление и малые габаритные размеры, необходимо заменить обычные микрофоны на МЭМС-микрофоны. Основные преимущества МЭМС-микрофонов по сравнению с обычными это: малый размер, низкое энергопотребление, высокая чувствительность и широкий динамический диапазон.

МЭМС микрофон состоит из гибкой диафрагмы, кремниевой подложки, верхней и нижней неподвижных обкладок. Гибкая диафрагма представляет собой сетчатую мембрану из кремния. Верхняя и нижняя неподвижные обкладки расположены с соответствующих сторон от гибкой диафрагмы, и также имеют сетчатую структуру. Под диафрагмой и обкладками находится полость, у которой на одной из сторон находится вентиляционное отверстие, для уравнивания давления, создаваемого быстрым движением диафрагмы. При попадании звуковой волны на гибкую диафрагму, последняя смещается, что приводит к изменению емкости между неподвижными обкладками. Полученный электрический сигнал после преобразования представляет собой звук в цифровом виде.

Сетчатые обкладки и диафрагма изготавливаются двумя методами: фотолитографией и лазерной литографией. При использовании фотолитографии на поверхность кремния наносится фоторезист. Далее такая пленка засвечивается через фотошаблон с заданной сетчатой структурой. Засвеченные участки экспонируют и после удаляются в проявителе. Полученный рисунок на пленке используется для травления, где в процессе, не покрытые фоторезистом участки – удаляются. После фоторезист также удаляют, и остается сетчатая кремниевая пластина.

Лазерная литография – это метод нанесения изображения на поверхность материала с помощью сфокусированного лазерного луча. Она основана на изменении свойств фоторезиста под действием излучения. При попадании лазерного луча на фоторезист, он вызывает химические или физические реакции такие как: полимеризация, деполимеризация, абляция и др.

В заключении хотелось бы отметить, что микрофонные решетки на основе МЭМС стали неотъемлемой частью современной микроэлектроники и занимают огромную нишу в данной сфере. Благодаря развитию современных технологий по получению микро- и наноструктур таких как фотолитография и лазерная литография, а также связь их с CAD и CAM системами имеется возможность с хорошей точностью и своевременно получать необходимые нам микрофонные решетки на основе МЭМС.

Литература

1. Широбоков, В. П. Анализ микрофонных решеток в микромеханических конструкциях / В. П. Широбоков, А. В. Катков. – Техническая физика. – 2019. – Т. 89, № 6. – С. 20–23.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ САПФИРОВЫХ ПЛАСТИН
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЭМС**

Студенты гр. 11310120 Войтюк Д. М., Россоловский А. Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение технологии получения сапфировых пластин при производстве МЭМС. В данной работе приведен критический анализ научных данных по теме. При выборе материала для производства МЭМС, нужно обратить внимание на механические, оптические, термические, термоэлектрические и электрические свойства. Также стоит учитывать прочностные характеристики, для устойчивой работы механических элементов. Обычно механические элементы МЭМС могут быть выполнены из кремния, кварца или сапфира. И их материал подбирается в зависимости от выполняемых задач устройства и условий работы. При конструировании МЭМС работающих под большими механическими и термическими нагрузками в качестве механического материала используют органический или синтетический сапфир.

Синтетический сапфир – это диэлектрический материал прозрачного или полупрозрачного цвета. Сапфир по составу – оксид алюминия с минимальным количеством примесей. Сапфир имеет высокую твердость (9 по Моосу), показатель преломления составляет 1,762–1,778, плотность 3,93 г/см³, температура плавления 2 040 °С, характеризуется сильным блеском, прозрачен в инфракрасной области до длины волны 6 500 нм. Сапфировые пластины являются важной частью МЭМС и могут использоваться как элемент подложки, так и элемент оптической системы МЭМС. Выращивание монокристаллов сапфира можно производить по одному из трех методов кристаллизации из расплава: Степанова, Киропулоса и Чохральского.

По методу Степанова кристалл вытягивается при помощи капиллярного канала определенной формы, что позволяет получить кристалл необходимого профиля: цилиндр, пластину и т. д. Благодаря этому процессу форма достигается в процессе кристаллизации, что снижает до минимума расходы на постобработку и ведет к ускорению и удешевлению процесса производства искусственного сапфира. Метод Степанова хорошо подходит для получения механических элементов из сапфира, не задействованных в оптике.

Для получения массивных монокристаллов с высокой чистотой получаемого материала выращивание производится по методу Киропулоса. По этому методу масса монокристалла может составлять от 30 до 300 кг, а диаметр более 300 см. Чистота монокристалла не менее 99,995 %, что позволяет использовать их в лазерной оптике. Такие характеристики достигаются за счет рассчитанных параметров снижения температуры и скорости вытягивания. Кристалл выращивается в тигле в виде полусферы. А для снижения внутренних напряжений отжигается долгое время в ростовой установке.

Классическим способом получения синтетического сапфира является метод Чохральского. Получаемые кристаллы широко используются в электронике и оптике, за счет низкого уровня внутренних дефектов, что позволяет получать материалы высокой чистоты. По данному методу можно вводить легирующие добавки для получения цветных кристаллов. Все это достигается за счет присутствия устройства для создания вакуума, хорошей термоизоляции, оптической и электронной систем регулирования процесса. После выращивания кристалла следует раскрой монокристалла на кристалл-заготовку, которая представляет из себя параллелепипед или цилиндр. Это производится для обеспечения правильной обработки в дальнейшем. Заключительным шагом является нарезка кристалл-заготовки на пластины определенной толщины, такой процесс производится в установках более точной обработки, которые включают в себя и доработку поверхности [1]. Синтетический сапфир обладает физической и химической чистотой и используется для изделий оптики и микроэлектроники.

Литература

1. Бородин, А. В. Технология и автоматизированное оборудование для производства защитных сапфировых экранов для мобильных устройств / А. В. Бородин, Д. Б. Ширяев. – М.: ФГУП ЭЗАН, 2017.

СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

Студент гр. 11310120 Волк Р. С.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Системы, включающие в себя сенсоры, а также внедрение искусственного интеллекта (ИИ) объединяют в себе способность сбора данных с помощью сенсоров и мощность анализа данных с использованием алгоритмов нейросетей. Данная технология позволит улучшить не только производительность и эффективность, но и надежности различных моделей и процессов.

Интеллектуальные сенсорные механизмы есть интеграция умения собирать информацию через датчики и, в режиме реального времени, способность анализировать эти данные благодаря алгоритмам ИИ.

Область использование таких систем довольно обширная, так как существуют датчики самых разных назначений: оптические, акустические, температурные, химические и другие. Такое разнообразие позволяет системам на базе ИИ обрабатывать и анализировать данные различной природы, что способствует значительному улучшению функциональности таких устройств в выполнении разнообразных заданий.

Использование алгоритмов машинного и глубокого обучения позволяет таким устройствам анализировать информацию в режиме онлайн, что дает им возможность выявлять шаблоны, определять аномалии и прогнозировать возможные события или состояния объектов, что является критически важным для оптимизации принятия точных решений и предотвращения возможных неполадок.

Технологические достижения и развитие в области новых материалов, таких как графен и нанотрубки, дали толчок к созданию более точных и чувствительных сенсоров, расширяя функциональность систем на базе ИИ.

Важным вопросом касательно внедрения ИИ в любую технологию является тема этического и социального характера, прежде всего, связанные с конфиденциальность, защитой данных и возможность использования данных технологий в корыстных целях. Требуется разработка международных стратегий и норм, которые будут гарантировать открытость, ответственность и защиту прав человека.

В данной системе сенсор выполняет функцию сбора данных из внешней среды, в то время как ИИ занимается анализом, предоставленных сенсором, данных и, в последующем, принятии на их основе определенных решений. Такая взаимосвязь находит широкое применение во множестве сфер, включая автомобильную промышленность, здравоохранение, робототехнику и многое другое.

Основой систем с ИИ являются три ключевых элемента: датчики – устройства, воспринимающие внешнее воздействие и реагирующего на него, в результате которого происходит сбор данных, процессоры и алгоритмы ИИ, которые обрабатывают полученную информацию и обрабатывают возможные решения на основании анализа, а также коммуникационные интерфейсы, задачей которых является обмен данными и командами между компонентами систем, и внешней средой.

Преимуществами таких систем можно назвать повышение точности и эффективности, полная автономность, персонализация и адаптивность, а также прогнозирование возможных событий.

Основные недостатки: высокая стоимость, проблемы безопасности и конфиденциальности и высокая зависимость от предоставленного объема данных.

В заключении стоит отметить, что рассматриваемая технология, совмещающая в себе сенсорные системы и искусственный интеллект, раскрывает новые возможности в самых разных областях и, безусловно, представляет будущее технологического прогресса.

Литература

1. Мейджер, Дж. К. Интеллектуальные сенсорные системы / Дж. К. Мейджер; пер. с англ. Ю. А. Платонова под ред. В. А. Шубарева. – Москва: Техносфера, 2019. – 461 с.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ Ni-Fe

Студент гр. 11304120 Гапеев Д. О.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение магнитных свойств покрытий на основе сплава Ni-Fe и определение областей их применения.

Проведен анализ научно-технической и патентной литературы, касающейся свойств пленок пермаллоя. Особое внимание было уделено изучению магнитной проницаемости данных покрытий.

Исследования электрохимического осаждения покрытий пермаллоя являются довольно популярными из-за магнитных свойств сплава. Пермаллой – прецизионный сплав, состоящий из железа и 45–82 % никеля. Сплав с 81 % Ni обладает высокой максимальной относительной магнитной проницаемостью $\mu \sim 100\,000$, малой коэрцитивной силой менее 1 Э, но проявляется эти свойства в узком диапазоне изменения состава. Пермаллой с пониженным содержанием никеля 45–60 % Ni обладает меньшей магнитной проницаемостью (до 10 000), но может работать в более сильных магнитных полях насыщения. На рис. 1 проиллюстрирован принцип действия цилиндрического экрана, сделанного из пермаллоя.

Производство пленок из пермаллоя преимущественно осуществляется методом вакуумного напыления. После получения пленок их могут подвергнуть дополнительной обработке, например травлению или нанесению на них защитного покрытия. В процессе производства важно соблюдать допустимые значения примесей и температуру проведения обработки, так как это оказывает большое влияние на конечные свойства пленок пермаллоя.

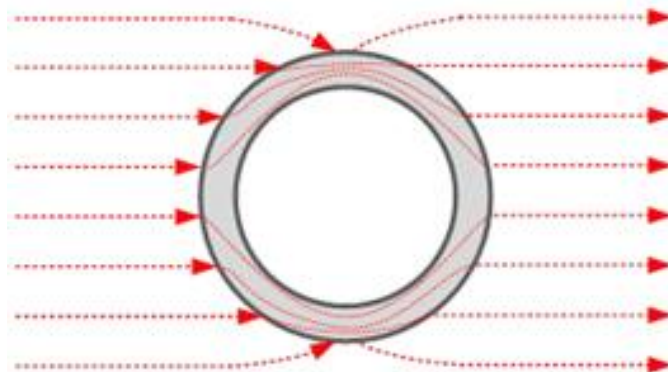


Рис. 1. Схематическое изображение принципа шунтирования магнитного потока с помощью цилиндрического корпуса из пермаллоя

Таким образом, данные покрытия можно применить в электронике и связи для защиты от электромагнитных помех, использовать в медицинском оборудовании для обеспечения наилучшей чувствительности приборов, в авиации и оборонной промышленности для защиты систем от внешних воздействий и помех.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пузырев, В. А. Тонкие ферромагнитные пленки в радиотехнических цепях / В. А. Пузырев. – М., 1974. – 150 с.
2. Magnetic properties of nickel ferrite nanoparticles prepared using flotation extraction / V. M. Fedosyuk [et al.] / Inorg. Mater. – 2013. – Vol. 49. – P. 109–114.

УДК 681

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ЭКРАНОВ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ W-ГПУ

Студент гр. 11304120 Герман С. А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные технологии изготовления приборов позволяют получать микроэлектронную технику достаточно малых размеров. В свою очередь микроэлектроника широко применяется в различных областях промышленности, где под воздействием внешних паразитных эффектов может выходить из строя. В космической промышленности особо опасным для микроэлектронной техники эффектом является ионизирующее излучение (альфа-, бета-частицы, рентгеновское и гамма-излучение), которое вызывает разные процессы в объеме кристалла (эффект Комптона, фотоэффект, образование электрон-позитронных пар) [1]. Для защиты от ионизирующего излучения применяют радиационные экраны, которые изготавливаются из высокоплотных материалов. В особенности применяют свинцовые радиационные экраны. Свинец – это высокоплотный и недорогой металл (плотность $11,35 \text{ г/см}^3$), однако его токсичность поднимает вопрос о поиске альтернативных материалов для изготовления радиационных экранов. Для этого можно использовать вольфрам (его плотность приблизительно $19,25 \text{ г/см}^3$), однако, из-за его тугоплавкости, получение экранов из вольфрама является тяжелой задачей [2].

Целью работы является изучение технологического процесса получения композиционных материалов радиационной защиты на примере композита W-графеноподобный углерод (ГПУ) в разных массовых соотношениях.

В работе проведен обзор литературных источников в области синтезирования материалов, в котором был изучен метод горячего изостатического прессования.

Метод горячего изостатического прессования основан на воздействии высоких значений давления (5 ГПа) при высокой температуре на смесь порошков, находящуюся в замкнутом пространстве. Высокие значения температуры достигаются путем пропускания тока через систему графитосодержащих нагревателей, у которых низкое сопротивление, благодаря чему высокие значения температуры достигаются довольно быстро.

Высокие значения температуры при проведении процесса стимулируют пластичность порошков, благодаря чему возможно получение материалов со значением плотности близкому к теоретическому. Однако при проведении этого процесса следует учитывать свойства каждого из синтезируемых порошков, поскольку высокие температуры могут отрицательно повлиять на механические свойства отдельных компонентов.

При синтезировании с помощью метода горячего изостатического прессования можно быстро получить требуемый материал. Высокая скорость процесса обеспечивается тем, что охлаждение и нагревание проводят под постоянным воздействием высокого давления.

Методом горячего изостатического прессования было получено 4 образцов W-ГПУ в разных массовых соотношениях. Плотность образцов была рассчитана с помощью метода гидростатического взвешивания, суть которого заключается во взвешивании исследуемого тела в 2 этапа: на воздухе, затем в жидкости. Результаты исследования плотностей образцов W-ГПУ приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Значения плотностей синтезированных образцов W-ГПУ

Образец	Плотность, г/см^3
W _{99,0} C _{1,0}	17,48
W _{99,5} C _{0,5}	18,36
W _{99,7} C _{0,3}	17,55
W _{99,9} C _{0,1}	17,62

Благодаря данному методу было получено 4 образца W-ГПУ. Высокая концентрация добавки способствует снижению плотности композита, отчего механические свойства также могут снижаться. Малая концентрация ГПУ не оказывает сильного влияния на плотность образцов,

но в таком случае позволяет получать экран с более однородным распределению графеноподобной фазы по композиту. С помощью метода горячего изостатического прессования можно получить композиционные материалы с достаточной плотностью для применения их в области радиационной защиты.

Литература

1. Беспалов, В. И. Лекции по радиационной защите: учебное пособие / В. И. Беспалов. – 5-е изд., расшир. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2017. – 695 с.
2. Физические основы дозиметрии. Радиационная безопасность: учеб. пособие / Е. Н. Дулов [и др.]. – Казань: Казан. федер. ун-т, Ин-т физики., 2017. – 24 с.

УДК 621

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Студент гр. 11304121 Друк И. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение особенностей технологического процесса получения композиционных материалов на основе алюминия. В работе проведен обзор литературных источников в области получения данных материалов, а более подробно изучено влияние наночешуек нитрида бора (BN) в алюминиевом материале на его характеристики и свойства. Проведен критический анализ, и определены перспективные направления разработки композитов, а именно на основе пластичного алюминия с упрочняющим наполнителем. Нитрид бора (BN) имеет температуру плавления около 2970 °С и плотность 2,18 г/см³ и уникальные прочностные характеристики. Наноструктуры нитрида бора имеют различные модификации, например: наночастицы, нанотрубки, нановолокна, нанолиты и т. д.

Синтез такого композитного материала состоит из нескольких этапов. Первым этапом является получение BN-наночешуек. Для этой цели используют метод высокоэнергетического шарового размол (ВЭШР). Процесс проходит в специальном размольном сосуде диаметром 250 мм в присутствии газовой (аргон) либо жидкой (этиленгликоль) среды. Оптимальная скорость вращения составила 694 об/мин при соотношении шаров к BN-порошку 40:1. Следующим этапом стало приготовление порошковой смеси. Порошковые смеси готовят с помощью высокоэнергетической шаровой мельницы. Смешивание проводится в газовой аргонной среде для предотвращения окисления алюминия. Заключительным этапом является спекание смеси порошков в графитовой матрице в течении часа при давлении 55 МПа и температуре 600 °С.

Разработанная технологическая схема процесса представлена на рис. 1.

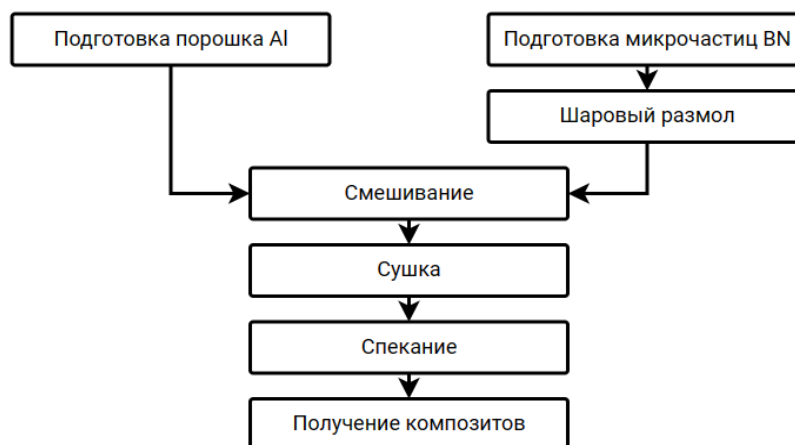


Рис. 1. Технологическая схема получения КМ на основе алюминия

Исследование разрушенной поверхности образца для исследования подтвердило, что BN-наночешуйки вносили существенный вклад в процесс деформации, и принимают на себя весовую часть нагрузок.

Свое наибольшее применение данный композиционный материал получил в авиационной технике. Используется он в качестве уплотнительных прокладок, а также в виде покрытий стартовых двигателей.

Литература

1. Штанский, Д. В. Композиты Alnano/h–BNnano, изготовленные методом шарового размола и искрового плазменного спекания // Материалы XXI Международной научно-технической школы-семинара металлургов. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2022. – С. 390–391.

УДК 621

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР С ХЕМОСТИМУЛЯТОРОМ

Студент гр. 11304121 Елин И. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение гетероструктур на основе арсенида галлия.

В данной работе проведен обзор литературных источников в области получения гетероструктур. Особое внимание уделено изучению структур с хемостимулятором ($\text{MeO}/\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$). Арсенид галлия является одним из самых распространенных полупроводниковых соединений класса $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$. Его популярность обусловлена высокой скоростью носителей заряда, неплохими теплофизическими характеристиками и особенностями строения, позволяющими носителям заряда осуществлять прямые межзонные переходы.

При создании гетероструктуры арсенид галлия используется в качестве подложки, на которую, с помощью магнетронного распыления наносится металл (Ni). Тугоплавкий, немагнитный тигель с помещенным в него оксидом никеля играет роль катода в установке. В качестве анода выбран графит, из-за малой распыляемости. Напыление проводится в вакуумированной камере, в атмосфере инертного газа (Ar). Далее аргон заменяется кислородом, а установка переходит в режим магнетронного разряда. Следующим этапом является термоокисление полученной структуры в проточном реакторе, при постоянном протоке кислорода. Заключительный этап представляет собой определение соответствия параметров гетероструктуры на соответствие требованиям [1].

На рис. 1 приведена схема получения гетероструктуры NiO/GaAs.



Рис. 1. Схема получения гетероструктуры

Главной особенностью гетероструктур является возможность управления шириной запрещенной зоны, эффективной массой и подвижностью носителей заряда, электронным энергетическим спектром, диэлектрической проницаемостью. Гетероструктуры применяются в оптоэлектронных приборах, таких как светодиоды и лазеры, на их основе создают фотоприемники. Также они применяются в создании высокочастотных транзисторов, малошумящих транзисторов с высокой подвижностью электронов и в системах спутникового телевидения [2].

Литература

1. Кузьмичев, А. И. Магнетронные распылительные системы. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления / А. И. Кузьмичев. – К.: Аверс. – 2008. – 244 с.

2. Алферов, Ж. И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии / Ж. И. Алферов. – УФН, 2002. – Т. 172, № 9. – С. 1072–1086.

МЕМБРАННАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Студент гр. 11304122 Командышко Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Развитие новой научной дисциплины – мембранная электрохимия, является результатом синтеза различных научных направлений, таких как мембранология и электрохимия. Начиная с 1950 года начался реальный прогресс в этой области, что привело к появлению новых областей изучения [1].

На сегодняшний день, мембраны для электромембранных процессов находят применение в четырех основных областях:

– процессы разделения веществ: микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, газоразделение, первапорация, диализ и электродиализ;

– контролируемые системы массопереноса: используется в медицине и агрохозяйстве;

– мембранные реакторы – мембраны служащие для очистки вод, биомембранные устройства – ткани органов;

– мембраны для энергосбережения и конверсии: в топливных элементах и электролизерах.

Ионообменная мембрана является проводником для ионов и состоит из слоя толщиной 0,10–0,70 мм, существуют мембраны для пропускания катионов (катионообменная мембрана) или анионов (анионообменная мембрана) (рис. 1) [1].

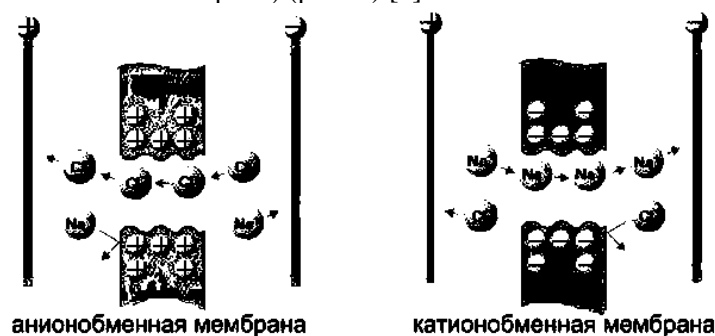


Рис. 1. Виды мембран по знаку заряда

Основные электрохимические свойства электромембран, такие как электропроводность и селективность, играют важную роль в обеспечении высокой производительности процесса разделения.

Селективность – процесс переноса ионов конкретного заряда при наличии электрического поля в электромембранах [2].

Эволюция на протяжении миллионов лет подвела к развитию мембран как эффективного инструмента для транспорта и разделения веществ.

В результате работы были рассмотрены основные области применения ЭМП, виды и типы электромембран и их основные свойства. Все эти составляющие широко используются в производстве и развитии мембранной электрохимии.

Литература

1. Шапошник, В. А. Мембранная электрохимия / В. А. Шапошник // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 2. – С. 71–77.
2. Электромембранные процессы / С. И. Ильина. – М. РХТУ им. Менделеева, 2013. – 57 с.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ TiAlCuN, TiAlCuCN

Аспирант Чижов И. В.²

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Константинов С. В.¹, академик НАН Беларуси,
д-р физ.-мат. наук, профессор Комаров Ф. Ф.¹, ст. преподаватель Зайков В. А.²

¹НИУ «Институт прикладной физики проблем им. А. Н. Севченко» БГУ,
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Наноструктурированные нитридные покрытия с различными добавками демонстрируют отличные механические свойства [1]. В связи с этим, актуальным направлением в современном материаловедении тонких пленок является внесение в состав нитрида TiAlN добавок меди Cu и углерода C, с целью повышения их трибо- и микромеханических свойств. Исследование влияния режимов нанесения на трибомеханические свойства нитридных и карбонитридных покрытий, получаемых методом магнетронного распыления, позволит формировать оптимальные покрытия в зависимости от области его применения.

Осаждение исследуемых покрытий производилось методом реактивного магнетронного распыления на модернизированной установке УВН-2М по заранее отработанному процессу с оптимальными параметрами нанесения [1]. Подложки из сплава титана марок ВТ1-0 предварительно проходили процедуру шлифовки и полировки. Исследования износостойкости проводились по методике «диск на плоскости». Процесс изнашивания покрытий выполнялся на воздухе в условиях сухого скольжения вращающегося контртела со скоростью 0,5 об/с относительно неподвижного образца. Диаметр вращающегося диска – 60 мм. Значение нагрузки, приложенной по нормали к поверхности исследуемых покрытий, составляло 200 мН. Время испытаний – 1 500 с. Для измерения площади треков износа использовался оптический микроскоп Opto-EduA13 3601-T, оснащенный USB цифровой камерой.

В таблице 1 представлены средние значения μ_{cp} коэффициентов трения, а также площади износа S медьсодержащих покрытий TiAlCuN, TiAlCuCN. Покрытия нитрида TiAlCuN и карбонитрида TiAlCuCN, полученные с помощью мишени 3 [1] относительно покрытий, осажденных посредством мишени 4 [1] демонстрируют на ~6 % меньшее среднее значение коэффициента трения μ_{cp} и на ~31 % большую площадь износа S . При сравнении влияния режимов нанесения было установлено, что покрытия TiAlCuN и TiAlCuCN, осажденные в режиме нанесения 1 [1] имеют на ~16 % меньшее среднее значение коэффициента трения μ_{cp} и на ~30 % большую площадь износа S . Добавление углерода C в покрытия TiAlCuCN позволило снизить среднее значение коэффициента трения μ_{cp} на ~12 %, кроме этого, уменьшилась площадь износа S на ~8 % относительно нитридного покрытия TiAlCuN.

Таблица 1 – Средний коэффициент трения μ_{cp} и площадь износа S для покрытий TiAlCuN, TiAlCuCN

Образец	μ_{cp}	S , мкм ²	Образец	μ_{cp}	S , мкм ²
3CN1	0,3	10155	4CN1	0,28	4215
3CN2	0,24	3428	4CN2	0,3	5230
3N1	0,19	7772	4N1	0,32	7382
3N2	0,43	8259	4N2	0,33	5777

Сформированные нитридные TiAlCuN и карбонитридные TiAlCuCN покрытия обладают невысоким средним коэффициентом трения μ_{cp} в пределах 0,19–0,33, демонстрируют хорошую износостойкость и могут найти применение в качестве защитных покрытий, повышающих надежность и долговечность трущихся узлов и механизмов микромеханических приборов.

Литература

1. Nanostructured TiAlCuN and TiAlCuCN coatings for spacecraft: effects of reactive magnetron deposition regimes and compositions / Komarov F. F. [et al.] // RSC Advances. – 2023. – Vol. 13. – P. 18898–18907.

УДК 621.8.043

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НАНОЛЕКТРОНИКЕ

Студенты гр. 10903123 Корнилов П. Д., Соболев М. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Чаевский В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время создание новых материалов, используемых в решении сложных технических задач, способствовало широкому применению наноматериалов и нанотехнологий в приборостроении. Одним из таких материалов являются композиционные материалы на основе частиц металлов с полимерной основой.

Металлополимеры – композиционные материалы, содержащие частицы металла в полимерной матрице, получают несколькими методами: термическим разложением металлсодержащих соединений в растворе-расплаве полимера, конденсацией паров металла на полимерную подложку, капсулированием наночастиц политетрафторэтиленом, электрохимическим осаждением металлических наночастиц в полимерах [1]. В зависимости от структуры термопластичные полимеры подразделяют на аморфные и частично кристаллические [2]. Первые отличаются изотропностью свойств, эластичностью и высоким поверхностным трением. Для кристаллических характерны ударная прочность, термостойкость, химическая инертность. Недостатком термопластов является более быстрое старение под воздействием окружающей среды. Однако этот минус компенсируется возможностью переработки. Композиционные материалы на основе частиц металлов с полимерной основой представляют собой механическую смесь проводящего наполнителя (таких как золото, серебро, платина и другие) с диэлектрическим связующим (из таких полимеров как: полианилиновые полимеры, фторопласт-2, фторопласт-4 и другие) [3]. Этот подход позволяет объединить преимущества как металлических частиц (высокая электропроводность, оптические свойства), так и полимеров (гибкость, легкость, химическая инертность). Такие композиты обладают уникальными свойствами, такими как комбинация высокой механической прочности, электропроводности и диэлектрической проницаемости [4]. Варьируя состав смеси и соотношение компонентов, можно менять свойства композитов в широких пределах. Особенностью всех композиционных материалов является частотная зависимость проводимости.

В нанoeлектронике композиционные материалы на основе частиц металлов с полимерной основой нашли широкое применение благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам. Они используются в изготовлении наноструктурированных электродов, для антистатических покрытий, сенсоров, для защиты от электромагнитного излучения, применяются также в литографии в качестве компонентов резисторов и других компонентов [4].

Композиционные материалы на основе частиц металлов с полимерной основой представляют собой перспективное направление развития нанoeлектроники. Их уникальные свойства и возможность настраивать их параметры делают их важным компонентом в создании микро- и нанoeлектронных устройств. Дальнейшие исследования и разработки в этой области позволят раскрыть еще больший потенциал данных материалов и применить их в широком спектре технологических приложений.

Литература

1. Помогайло, А. Д. Наночастицы металлов в полимерах / А. Д. Помогайло, А. С. Розенберг, И. Е. Уфлянд. – М.: Химия, 2000. – 672 с.
2. Полимерные композиционные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vzppn.ru/articles/polimernye-kompozitnye-materialy/#_Точ65353745. – Дата доступа: 16.04.2021.
3. Бондалетова, Л. И. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Л. И. Бондалетова, В. Г. Бондалетов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 111 с.
4. Композиционные металлические полимерные материалы с нано- и ультрадисперсными частицами / В. Н. Гадалов [и др.] // Известия ТулГУ. Технические науки, 2021. – Вып. 5. – С. 438–451.

ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ В ИОННЫХ РАСПЛАВАХ

Студент гр. 11304122 Красиченко Н. П.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данная работа посвящена изучению особенностей возникновения коррозионных явлений в металлах, которые находятся в ионных расплавах. В работе проведен критический обзор литературных источников с целью изучения физико-химических основ коррозии и методов борьбы с ней. Коррозия представляет собой самопроизвольный процесс разрушения металла под воздействием физико-химических факторов окружающей среды. В результате разрушения из-за коррозии в негодность приходит множество оборудования, металлических конструкций и изделий. Коррозия происходит из-за совокупности внешних и внутренних факторов. К внутренним относят состав и состояние металла, условия и способы его обработки. К внешним факторам относят состав коррозионной среды, ее характер и механизм воздействия на металл. Основные виды коррозии представлены на рис. 1.

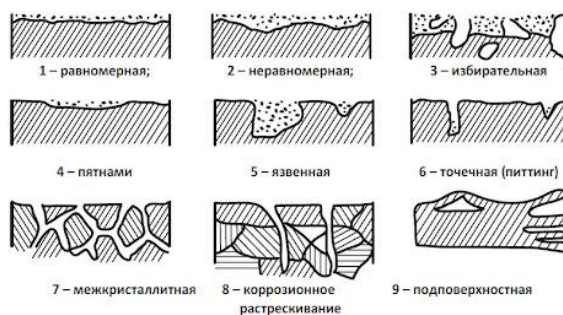


Рис. 1. Виды коррозии

Высокотемпературная коррозия – это тот же процесс коррозии, но происходящий при более высоких температурах и в более химически активных средах. Высокотемпературная коррозия существенно отличается от обычной механизмом, видами и влиянием на материалы. Последнее является наиболее важным различием. При обычной коррозии ухудшаются лишь эстетические и механические свойства, в то время как при высокотемпературной коррозии металл разрушается в большей степени. Для защиты от высокотемпературной коррозии применяют специальные покрытия, сплавы и другие методы.

Переходные металлы – это элементы *d*- и *f*-подгрупп Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева (Ag, Au, W, Pt, Ir и др.). Вещества, образованные этими элементами, являются металлами, т. к. число валентных электронов заметно меньше числа обитателей. Они характеризуются наличием неполных подуровней во внешней электронной оболочке, что позволяет образовывать соединения с разными степенями окисления. Переходные металлы являются очень важными для катализа, металлургии, электроники и др. областей из-за своих уникальных физических и химических свойств.

Ионные расплавы – это высокотемпературные жидкости, которые содержат кроме ионов ассоциированные группы и некоторый свободный объем. К ним относят расплавы солей, оксидов и гидроксидов. Ионные расплавы применяются для создания защитного покрытия на металлической поверхности, которое предотвращает контакт металла с агрессивной средой и уменьшает процесс коррозии [1].

Использование переходных металлов в борьбе с высокотемпературной коррозией в ионных расплавах является широко распространенной и эффективной методикой, которая позволяет продлить срок службы материалов и обеспечить надежность и безопасность технологических процессов.

Литература

1. Кочергин, В. П. Защита металлов от коррозии в ионных расплавах и растворах электролитов / В. П. Кочергин. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 1991. – 309 с.

УДК 543.424.2

УГЛЕРОДНЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ МЕМРИСТОРНЫХ ЯЧЕЕК ПАМЯТИ

Студент Крупенков П. А.

Ст. преподаватель Зайков В. А., академик, д-р физ.-мат. наук, профессор Комаров Ф. Ф.
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В связи с повышением требований вычислительных систем к характеристикам запоминающих устройств, в настоящее время активно разрабатывается новый тип полупроводниковой энергонезависимой памяти – мемристоры [1]. Мемристоры имеют два состояния: состояние с низким сопротивлением (СНС) и состояние с высоким сопротивлением (СВС). Углеродные пленки для мемристорных ячеек памяти, нанесенные методом магнетронного распыления, обладают рядом преимуществ: совместимость с КМОП технологией, низкая стоимость, контролируемые процессы нанесения и однородность пленки на пластине. Осаждение углеродных пленок 103 нм на кремниевую подложку КЭФ-4.5 производилось методом реактивного магнетронного распыления на модернизированной установке УВН-2М. На первом этапе кремниевая подложка проходила ионную очистку при температуре 340 °С в течении 10 минут. Затем наносилось углеродное покрытие при температуре 340 °С в течении 20 минут.

Резистивное переключение мемристоров на основе углерода зависит от соотношения sp^3/sp^2 связей. Для анализа структурной особенности углеродной пленки был получен спектр комбинационного рассеяния (рис. 1), разложенный на сумму двух гауссовских компонент. Спектр КРС имеет два характерных D и G пика на 1388 и 1582 cm^{-1} соответственно. Пик D может быть отнесен к режиму колебаний A_{1g} неупорядоченного углерода и G пик к колебаниям типа E_{2g} упорядоченного графита. Результаты КРС подтвердили аморфную структуру углеродной пленки a-C по модели Феррари с долей sp^3 связей менее 20 % [2].

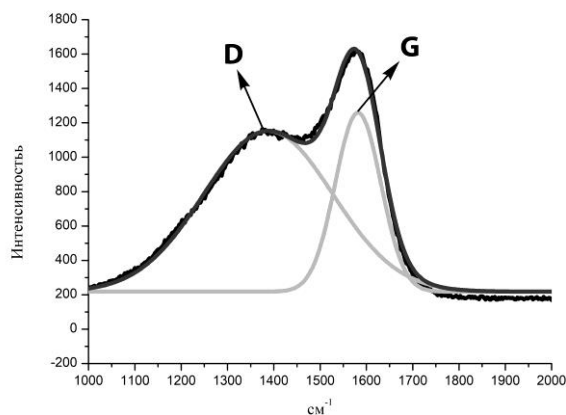


Рис. 1. Спектр КРС углеродной пленки, нанесенной на кремниевую подложку

Известно, что механические свойства углеродных пленок сильно зависят от соотношения sp^3/sp^2 связей. Полученные пленки имеют твердость 24,5 ГПа, что хорошо согласуется с результатами работы [3], в которой углеродные пленки имеют низкую долю sp^3 связей.

Литература

1. Мемристорная структура с эффектом переключения сопротивления на основе тонких пленок нитрида кремния / Комаров Ф. Ф. [и др.] // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2020. – Т. 64, № 5. – С. 403–410.
2. Ferrari, A. C. Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon / A. C. Ferrari, J. Robertson // Physical Review B. – 2000. – № 20. – P. 14095.
3. Lu, W. Effect of stress-induced phase transformation on nanomechanical properties of sputtered amorphous carbon films / W. Lu, K. Komvopoulos // Applied Physics Letters. – 2003. – Т. 82, № 15. – P. 2437–2439.

ГИСТЕРЕЗИС СМАЧИВАНИЯ

Студент гр. 11310122 Кузнецова Д. И.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение поверхностных явлений, таких как смачивание, растекание, поверхностное натяжение, также был изучен краевой угол смачивания. В работе проведен обзор литературных источников в области физической коллоидной химии, а более подробно рассмотрено явление смачивания.

Смачивание определяется межмолекулярным взаимодействием и связано со взаимодействием адсорбента и растворителя. Когда капля воды попадает на твердую поверхность, то при взаимодействии она образует с поверхностью угол смачивания. При этом в соответствии общей природы твердой поверхности и жидкости, краевые углы смачивания будут различны (рис. 1), где θ – обозначение угла смачивания

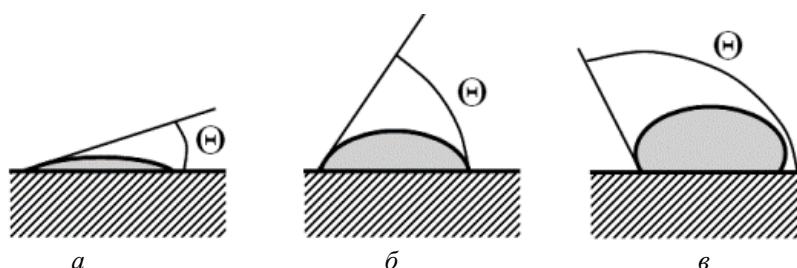


Рис. 1. Краевые углы смачивания

Когда капля почти вся растекается и угол мал – это полное смачивание (рис. 1, а). Полное смачивание происходит в двух случаях: 1) когда растекание длится до поры, пока жидкая фаза не заполнит всю поверхность твердого тела; 2) когда слой жидкости достигнет такой высоты, которая будет равна размеру молекулы.

Если $0^\circ < \theta < 90^\circ$ (рис. 1, б), то это ограниченное смачивание, если $\theta > 90^\circ$ – то поверхность не смачивается жидкостью (рис. 1, в). Угол смачивания зависит от соотношения сил сцепления молекул жидкости с молекулами твердого тела, то есть адгезии, и сил сцепления молекул жидкости между собой – когезии. Взаимодействующие силы адгезии жидкости и твердым телом вызывают растекание капли, а при когезионных силах, которые действуют внутри капли, они препятствуют ее растеканию.

В физической химии гистерезисом смачивания называют зависимость углов смачивания от факторов их возникновения. Он может появляться при шероховатости поверхности, особенностях поверхности, релаксационные процессы в жидкости и др.

Уменьшить гистерезис смачивания можно предварительной очисткой твердой поверхности или уменьшением ее шероховатости. При соприкосновении твердого тела в одно и тоже время с двумя несмешивающимися жидкими фазами, получается избирательное смачивание. Уравнение Юнга для смачивания:

$$\cos\theta = (\sigma_T - \sigma_{ТЖ})/\sigma_Ж, \quad (1)$$

где σ_T – поверхностное натяжение твердого тела; $\sigma_{ТЖ}$ – межфазное натяжение на границе «твердое тело-жидкость»; $\sigma_Ж$ – поверхностное натяжение жидкости.

Литература

1. Котов, В. В. Курс лекции по физической и коллоидной химии / В. В. Котов, О. В. Перегончая. – Воронеж: ВГАУ, 2018. – 179 с.
2. Волков, В. И. Экспериментальное исследование гистерезиса смачивания / В. И. Волков, С. С. Лескова, Е. Р. Кирколуп. – Известия АлтГУ, 2006.
3. Пальтиель, Л. Р. Коллоидная химия / Л. Р. Пальтиель, Г. С. Зенин, Н. Ф. Вольнец. – Санкт-Петербург, 2004. – 68 с.

УДК 621.3

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Магистрант Курило Е. А.¹

Д-р физ.-мат. наук, профессор Маркевич М. И.², канд. физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.³

¹ Университет Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

² ГНУ «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь

³ Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Аварии на АЭС классифицируются по 7-бальной шкале ядерных событий (INES). Седьмым уровнем опасности были оценены три аварии (авария на химкомбинате «Маяк», Чернобыльской АЭС и АЭС «Фокусима-1») [1].

Данная работа посвящена обзору открытых источников, посвященных радиационному мониторингу. Актуальность темы обусловлена еще и тем, что в Беларуси построена атомная электростанция (БелАЭС). Кроме того, при эксплуатации ядерных установок, невозможно полностью исключить вероятность аварийной ситуации даже в наиболее технологически развитых странах.

С учетом того, что ряд радиоактивных материалов имеют период полураспада сотни тысяч лет, необходимо проводить постоянные научные исследования и регулярно проводить мониторинг окружающей среды. Формирование радиоактивного загрязнения природной среды началось сразу после аварии на ЧАЭС. Особенности погодных условий в период с 26 апреля по 10 мая 1986 года обусловили сложный характер загрязнения по всему миру.

Следы цезия-137 четко видны в Беларуси, Польше, Швеции, Финляндии, Норвегии, странах Бенилюкс, Великобритании, Австрии, Италии, Германии. Наибольшему загрязнению вследствие чернобыльской катастрофы подверглась территория Беларуси, России, Украины. После катастрофы на ЧАЭС уровни загрязнения почвы цезием – 137 превышали 10 кБк/м² на 66 % территории Беларуси, 12 % европейской части России и на 43 % территории Украины. Это свидетельствует о более сложных и тяжелых последствиях Чернобыльской катастрофы для Беларуси [2].

Важной задачей явилась оперативная оценка радиоактивного загрязнения территории Беларуси и проведение радиационного мониторинга объектов природной среды. Использование дистанционных и мобильных методов, особенно аэро-гамма съемки, позволило оперативно определить пространственное распределение радиоактивного загрязнения на больших территориях.

В настоящий момент анализ показал, что если в 1986 году 23,7 % территории Беларуси были загрязнены более 37 кБк/м², то в 2016 году эта величина составит ≈16 %, т. е. уменьшится в 1,5 раза, а в 2046 году – ≈10 %, т. е. уменьшится в 2,4 раза [3; 4].

Литература

1. Мухамеджанова, Е. Р. Анализ крупнейших аварий на радиационных объектах и их влияние на темпы развития атомной энергетики в мире / Е. Р. Мухамеджанова, В. А. Акатьев // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 3 (24). – С. 110–114.
2. Дмитриев, В. М. Чернобыльская авария: причины катастрофы / В. М. Дмитриев // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 1. – С. 38.
3. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: Двадцатилетний опыт [электронный ресурс] // докл. эксперт. Группы «Экология» чернобыл. форума. – Режим доступа: http://www-Pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1239r_web.pdf. – Дата доступа: 01.03.2024.
4. Гурачевский, В. Л. Введение в атомную энергетику. Чернобыльская авария и ее последствия / В. Л. Гурачевский // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет». – 2013. – 187 с.

СИНТЕЗ ПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Студент гр. 11304121 Курныш В. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данная работа посвящена изучению технологического процесса получения пленочного электролита для электрохимических систем.

В данной работе проведен обзор литературных источников по теме синтез пленочного электролита на основе композита NiO-CZS.

Существует несколько перспективных способов решения проблемы обеспечения потребителей электроэнергией. Самым перспективным является использование твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), которые преобразуют химическую энергию топлива в электрическую энергию. В сравнении с другими видами топливных элементов, у ТОТЭ имеется ряд положительных свойств: они являются абсолютно твердыми и устойчивыми к внешним воздействиям, обладают высокой степенью безопасности, не нуждаются в дорогом платиновом катализаторе, а их КПД может достигать 50–70 %.

При создании пленочного электролита NiO-CZS используется в качестве подложки, на которую, способом химического осаждения наносится пленка CZY. Пленка, находящийся в виде раствора оксида, помещается в печь, для дальнейшего прокаливания. Подложка изготовлена из нескольких порошков в виде смеси: оксидов кремния (SiO₂) (ос. ч.), железа (Fe₂O₃) (ч. д. а.), никеля (NiO) (ч.) с оксидом CZS. Химическое осаждение происходит в печи. Осаждение осуществляется с помощью послойного отжига пленок, которые после каждого нанесения раствора подвергались более высоким температурам – 800 и 1 000 °С, а дальнейшее спекание происходило при 1 000 °С в течение одного часа на воздухе. С помощью современного метода для получения пленок CZY проводили четырехкратное нанесение суспензии с дальнейшим четырехкратным нанесением первоначального раствора солей для устранения микро- и нанодфектов. Также проводили термообработку после каждого нанесения при 1 000 °С в течение одного часа. Заключительным этапом является определение соответствия параметров пленочного электролита на соответствие требованиям.

На рис. 1 приведена схема синтеза пленочного электролита NiO-CZS.



Рис. 1. Схема синтеза пленочного электролита

Отличительным параметром пленочных электролитов является стабильность и полезные механические свойства, которые позволяют синтезировать различные антикоррозийные покрытия, а возможность создания гетероструктур и точного контроля за свойствами материала находит применение в создании различных наноразмерных электронных устройств, расширяющих возможности классической кремниевой электроники. Пленочные электролиты применяются в силовой электронике, в качестве пленочных конденсаторов и многих других областях.

Литература

1. Дамаские, Б. Б. Основы теоретической электрохимии / Б. Б. Дамаские, О. А. Петрий. – М.: Высшая школа, 1978. – 240 с.
2. Гольдаде, В. А. Методы получения тонких пленок: практическое пособие / В. А. Гольдаде, Н. Н. Федосенко. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 41 с.

ЕМКОСТЬ ГИРОСКОПА С ГРЕБЕНЧАТЫМ ПРИВОДОМ

Студент гр. 11310121 Лагун Д. В.¹, магистрант Насевич А. А.¹
Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.¹, ст. преподаватель Люцко К. С.¹,
мл. научный сотрудник Трухан Р. Э.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Для измерения угловой скорости или угла наклона широко применяются МЭМС вибрационные гироскопы. Такой тип гироскопов имеет такие преимущества, как небольшой размер, легкий вес, низкая стоимость, высокая точность и простота интеграции [1]. Они используются для стабилизации камер, движения и обнаружения опрокидывания транспорта, в технологии виртуальной реальности, в робототехнике и других областях [1; 2]. Гребенчато-емкостные МЭМС гироскопы имеют низкую стоимость, высокую способность к перегрузке и адаптируемость [2]. В емкостных гироскопах перемещение подвижного электрода преобразуется в изменение емкости. При использовании гребенчатой структуры электродов изменение емкости происходит от изменения площади перекрытия гребней или от изменения расстояния между ними [1; 3]. В гребенчатой структуре, приведенной в [2] изменение зазора Δu между гребнями под действием силы Кориолиса вызывает изменение емкости ΔC [4].

Цель данной работы – расчет изменения емкости гребенчатого микромеханического гироскопа при изменении расстояния между гребенками, а также постоянной площади перекрытия в присутствии раствора NaCl, этилового спирта и воды.

Зависимость изменения емкости от расстояния между гребнями в присутствии различных жидкостей показана на рис. 1. С увеличением расстояния между гребнями изменение емкости также увеличивается. Большее изменение ΔC наблюдается у воды, а меньшее – у NaCl из-за разных диэлектрических постоянных жидкостей.

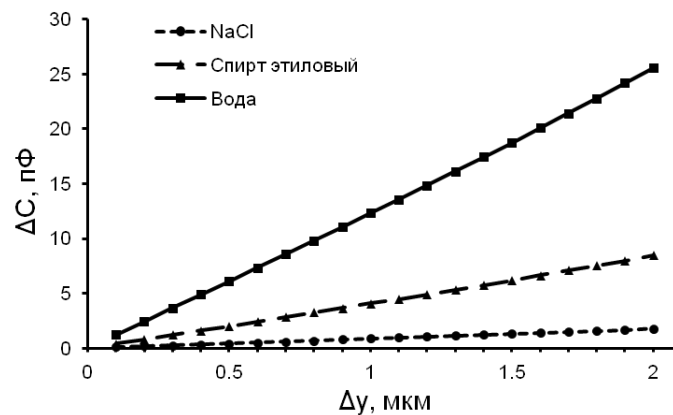


Рис. 1. Зависимость изменения емкости (ΔC) гребенчатого гироскопа от расстояния между гребнями (Δu) в присутствии раствора NaCl, этилового спирта и воды

Литература

- Xia, D. The development of micromachined gyroscope structure and circuitry technology / D. Xia, C. Yu, L. Kong // *Sensors*. – 2014. – Vol. 14, № 1. – P. 1394–1473.
- Liu, H. Analysis on the Detection Capacitance of Comb Micro-Machined Gyroscope / H. Liu, S. Gao, L. Jin // *Applied Mechanics and Materials*. – 2012. – Vol. 121–126. – P. 33–37.
- Хао, Л. В. Система возбуждения и обработки измерительной информации микроэлектромеханического инерциального модуля с функциями гироскопа и акселерометра: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.11.01: дис. – 2020.
- Стецкий, А. Н. Изменение емкости гребенчатого привода с уменьшением расстояния между гребенками в присутствии воды / А. Н. Стецкий, Т. А. Кузнецова, В. А. Лапицкая // Новые направления развития приборостроения: материалы 13-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 15–17 апреля 2020 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – С. 177–178.

УДК 681

ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ, ВЗРЫВА И ДЕТОНАЦИИ

Студент гр. 11304122 Лагун Е. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Задача этой работы состоит в том, чтобы преподнести теоретические сведения о химической кинетике, классификации простых и сложных химических реакций, а также уделить особое внимание на цепные реакции: их стадии, средства достижения и условия протекания реакций.

Изначально хотелось бы затронуть основные понятия химической кинетики, такие как:

1. Скорость реакции определяется изменением количества одного из реагирующих веществ в единицу времени в единице реакционного пространства. Факторы, влияющие на скорость реакции, включают природу реагентов, температуру, концентрацию, среду, присутствие катализатора и его концентрацию. Одним из способов определения скорости реакции является метод следящих зон, который позволяет наблюдать изменение концентрации вещества во времени.

2. Основным законом химической кинетики, сформулированный Гульдбергом и Вааге, утверждает, что скорость химической реакции зависит от концентраций реагентов в некоторой степени. Согласно этому закону, скорость реакции в определенный момент времени пропорциональна произведению концентраций реагентов, возведенных в некоторые степени. Это позволяет вычислять скорость реакции с использованием уравнения, где константа скорости и степени зависят от конкретной реакции и условий проведения эксперимента (1):

$$w = k \cdot C_A^{n_A} \cdot C_B^{n_B}. \quad (1)$$

3. Константа скорости реакции представляет собой постоянное значение, которое определяет скорость протекания химической реакции при постоянной температуре. Эта константа численно равна скорости реакции при единичных концентрациях реагирующих веществ.

Основным способом классификации химических реакций является молекулярность.

В химии молекулярность означает количество частиц, которые участвуют в реакции на молекулярном уровне. В случае простых одностадийных реакций количество молекул исходных веществ определяет молекулярность реакции. При нескольких стадиях реакции каждая стадия имеет свою уникальную молекулярность, соответствующую количеству частиц, участвующих именно на этой стадии. Сложные реакции подразделяются на: параллельные, последовательные, цепные и т. д.

В параллельных исходные вещества, одновременно реагируя между собой, образуют разные продукты. В последовательных реакциях для получения конечных продуктов из исходных веществ, необходимо пройти ряд промежуточных стадий, протекающих в строгой последовательности.

Цепные же в отличие от последовательных реакции, представляют собой ряд элементарных повторяющихся преобразований с участием активных частиц, называемых свободными радикалами.

Литература

1. Химическая кинетика: учебное пособие / В. А. Черепанов, Т. В. Аксенова. – М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 132 с.

УДК 541

МАКРОКИНЕТИКА – КИНЕТИКА С УЧЕТОМ МАССО- И ТЕПЛОПЕРЕНОСА

Студент гр. 11304122 Лукьянов В. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью представленной научной работы является изучение макрокинетики и кинетики с учетом массо- и теплопереноса. В работе проведен анализ литературных источников в области исследования макрокинетики и кинетики с учетом массо- и теплопереноса. Пристальное внимание уделено основам макрокинетики.

Наука, в которая описывается химические реакции с учетом процессов массо- и теплопереноса, получила наименование «макрокинетика» (макроскопическая кинетика).

Традиционными примерами могут являться горение и взрыв. По идеи, именно исследования в сфере процессов горения явилось толчком для введения макрокинетики как специальной области химической физики.

Поднятие температуры в зоне реакции происходит из-за высокой скорости химической реакции при горении, что обусловлено большим количеством выделяющейся теплоты при окислении и сильной зависимостью скорости реакции от температуры, что вызывает увеличение энергии активации.

Энергия активации – это дополнительная энергия выше средней энергии молекул, которая требуется для начала химической реакции между ними при данной температуре (рис. 1).

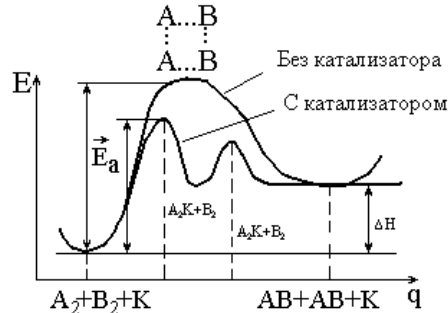


Рис. 1. Энергетическая схема хода реакции

Наиболее яркими признаками процесса горения являются языки пламени и их распространение в окружающем пространстве. Пламя представляет собой узкую зону, где происходят основные химические реакции и выделяется значительное количество тепла. Тепло, выделяемое пламенем, передается через теплопроводность и нагревает окружающие слои еще не прореагировавших веществ.

Еще одним распространенным видом горения является тепловое диффузионное пламя, при котором горючее вещество и окислитель поступают к зоне реакции с разных сторон, и процесс горения поддерживается за счет выделяющегося тепла в ходе реакции.

Таким образом, можно заключить, что значение макрокинетики состоит в исследованиях химических процессов и развитии химической технологии. Глубокий экспериментальный и теоретический анализ механизмов химической реакции и воздействия сопутствующих процессов массо- и теплопереноса имеет практическое значение для применения в технологических процессах.

Литература

1. Берлин, А. Л. Макрокинетика / Соросовский образовательный журнал. –1998. – № 3. – С. 48–54.
2. Семиохин, И. А. Кинетика химических реакций / И. А. Семиохин, Б. В. Страхов, А. И. Осипов. – Москва, 1995. – 9 с.

УДК 534.1.076.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕМЕНТОВ МЭМС

Студенты гр. 11310223 Мисюк А. Ю., Пашкевич Е. В.

Кандидат техн. наук Реутская О. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В качестве соединительных элементов датчиков МЭМС применяют такой элемент как микроторсион. Его можно сравнить по своим весогабаритным размерам с тонкой колеблющейся струной, закрепленной с двух сторон на элементах конструкции. При этом струна совершает свои колебания под воздействием собственной частоты. Форма струны зависит от числа колеблющихся узлов (рис. 1).

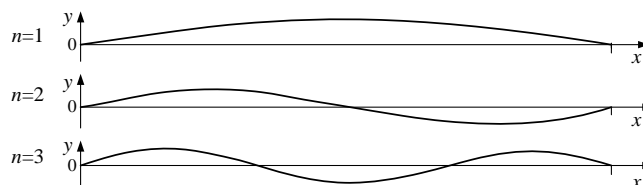


Рис. 1. Формы тонкой струны, закрепленной с двух сторон [1]

Скорость распространения поперечной бегущей волны в струне определяется по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot S}}, \quad (1)$$

где F – сила натяжения струны; ρ – плотность материала; S – площадь поперечного сечения струны. Собственную частоту колебаний вычисляли в соответствии с выражением:

$$\nu_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v \cdot n}{2 \cdot l}, \quad (2)$$

где l – длина струны; n – число колебательных узлов модели струны ($n = 1, 2, 3, \dots$). Из уравнения (2) следует, что частота колебаний зависит от геометрических размеров струны и свойств материала, из которого она изготовлена. Поэтому ее часто называют собственной частотой, а соответствующие стоячие волны, возникающие при колебании струны, – собственными (или нормальными) колебаниями. В качестве материала для изготовления чувствительных элементов МЭМС-датчиков применяют кремний. Для проведения моделирования колебательных процессов была рассмотрена тонкая кремниевая струна с размерами $3 \times 0,02 \times 0,02$ мм³, что соответствует значениям для микроторсионов чувствительного элемента исследуемого датчика угла наклона. Сила натяжения струны была принята (0,1–0,5) Н [1]. Результаты зависимости собственной частоты от силы ее натяжения представлены на рис. 2.

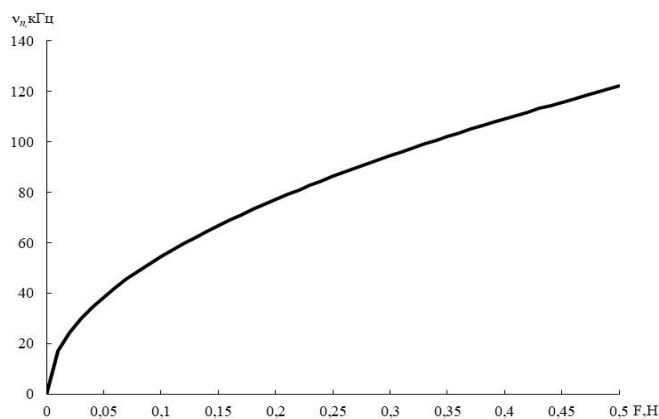


Рис. 2. Зависимость частоты собственных колебаний струны от силы натяжения

Литература

1. Макаров, В. Н. Изучение колебаний струны: методические указания / В. Н. Макаров, Ю. Д. Лантух. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 17 с.

УДК 62-1/-9

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ДАТЧИКА УГЛА НАКЛОНА НА ТОНКОМ НИТРИДНОМ ПОДВЕСЕ

Студент гр. 11310121 Мицкевич А. С.

Кандидат техн. наук, доцент Таратын И. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В данной работе рассматривается конструкция датчика угла наклона с подвесом из нитрида кремния с длиной $l = 10^5$ мкм, толщиной $c = 1$ мкм, шириной $b = 1000$ мкм и инерционной массой 15,4 мг для оценки малых наклонов различных сооружений, а также платформ.

Результат расчета чувствительности [1], представлен ниже.

$$S_{\theta, \gamma} = \frac{-m(ak_{11} - k_{21})}{\Delta} = 0,95, \quad (1)$$

где $\Delta = k_{11}k_{22} - k_{12}^2 + mg(ak_{11} - k_{12}) = 1,12 \cdot 10^{-12}$ Н², $k_{11} = \frac{12EI}{l^3} = 2,98 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, $k_{12} = \frac{6EI}{l^2} = 1,49$ Н/м; $k_{22} = \frac{4EI}{l} = 0,99$ Н/м, $I = \frac{bc^3}{12}$ – момент инерции, $E = 298$ ГПа [2].

Известно, что чувствительность представляет собой отношение величины реакции чувствительности элемента к внешнему воздействию, т. е. наклону основания, на котором закреплен датчик угла наклона (ДУН).

Результаты расчета изменения емкости чувствительного элемента в зависимости от угла наклона основания представлены на рис. 1.

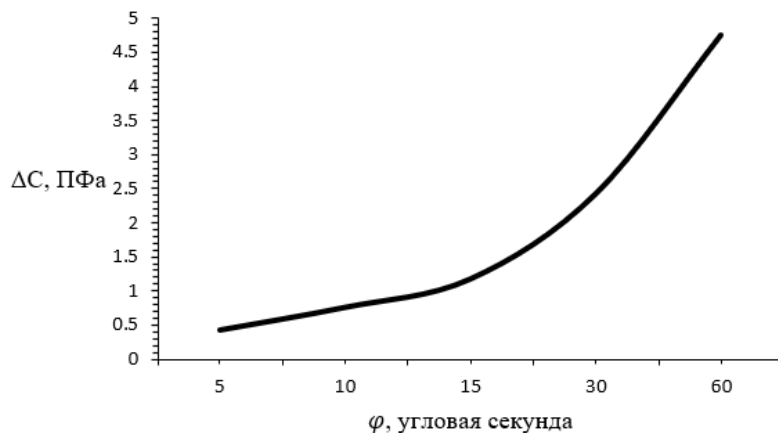


Рис. 1. Изменение емкости чувствительного элемента

Обкладки конденсатора расположены расстоянии 60 мкм от вертикальной оси ДУН.

При отклонении основания на 5 угловых секунд расчетное значение изменения емкости составляет 0,14 ПФа.

Современная комплектация позволяет проводить измерения величины емкости на уровне десятков фемтофард. Таким образом на базе предложенной конструкции ДУ датчиков угла наклона с применением соответствующей современной электронной комплектации возможно создание датчиков для измерения углов наклона на уровне единиц угловых секунд.

Литература

1. Распопов, В. Я. Микромеханические приборы: учебное пособие / В. Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
2. Дюжев, Н. А. Исследование механических свойств тонкопленочных мембран из оксида и нитрида кремния / Н. А. Дюжев, Е. Э. Гусев, М. А. Махиборода // Известия академии наук СССР. – № 5. – С. 103–113.

УДК 541

КВАРК-ГЛЮОННАЯ ПЛАЗМА

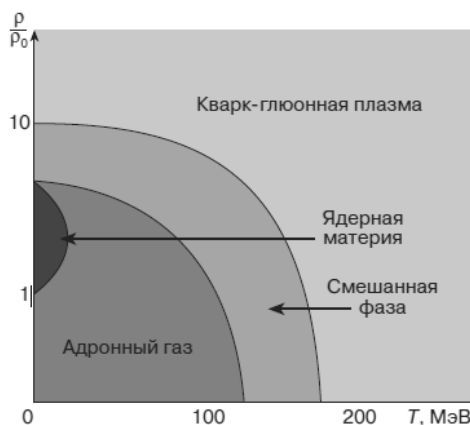
Студент гр. 11310122 Назарчук К. А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данная исследовательская работа посвящена изучению кварк-глюонной плазмы. В работе проведен анализ литературных источников в области квантовой хромодинамики. Подробно изучено явление образования кварк-глюонной плазмы. Кварк-глюонная плазма – особое агрегатное состояние вещества. Оно возникает при экстремально высоких температурах из адронного газа. Адронный газ представляет собой газ, состоящий из мезонов и барионов, отличительной особенностью которых является малая плотность. Температура адронного газа близка к 150 МэВ. На рис. 1 представлена диаграмма адронной материи.

Превращение «адронный газ – кварк-глюонная плазма» относят к фазовому превращению первого рода [1]. Это подтверждается физическими аргументами. Хотя квантовая хромодинамика не дает определенного ответа по этому поводу. Так в ходе эксперимента, на основе которого построен график зависимости $p-V$ изображенный на рис. 2, мы можем убедиться в том, что данное фазовое превращение аналогично превращению газ–жидкость.



ρ_0 – плотность барионов в атомных ядрах

Рис. 1. Фазовая диаграмма адронной материи

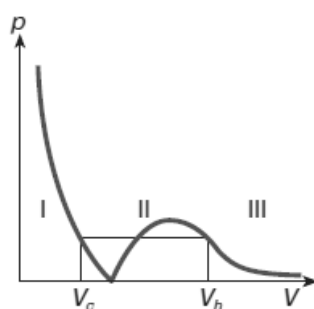


Рис. 2. Диаграмма фазового перехода адронный газ – кварк-глюонная плазма

В работе изучено явление кварк-глюонной плазмы и фазовый переход адронный газ – кварк-глюонная плазма который можно отнести к фазовому переходу первого рода.

Литература

1. Салеев, В. А. Кварк-глюонная плазма – новое состояние вещества / В. А. Салеев // Соросовский Образовательный Журнал. – 2000. – Т. 6, № 5. – С. 64–70.

УДК 620.186, 621.78

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК Pt/NiV НА КРЕМНИИ МЕТОДОМ БЫСТРОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Магистрант Насевич А. А.¹

Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.^{1,2}, кандидат техн. наук, доцент Соловьев Я. А.³, мл. научный сотрудник Трухан Р. Э.², д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2}

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

³ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», Минск, Беларусь

Компонентная база микроэлектроники состоит из различных элементов и соединений между ними. Для создания проводящих соединений применяются силициды никеля (NiSi) [1]. Серьезным недостатком, ограничивающим широкое применение силицидов никеля, является их плохая термическая стабильность. Для повышения термической стабильности NiSi добавляют Pt в состав пленки или наносят промежуточный слой платины. Тонкие слои силицидов на основе сплавов Ni-Pt применяются в качестве материалов полицидных затворов и контактов к истокам-стокам транзисторов [2]. Формирование силицидов никеля и платины проводится путем отжига пленок металлов на кремнии. Применение быстрой термической обработки (БТО) позволяет получить силициды за короткое время (7 с) [2].

Целью работы является исследование методом атомно-силовой микроскопии структуры поверхности тонкой пленки Pt/NiV на кремнии, до и после БТО.

В данной работе пленки Pt/NiV на кремнии общей толщиной 60 нм подвергались БТО при температурах 450–600 °С. Исследование структуры поверхности и определение шероховатости проводилось с помощью атомно-силового микроскопа Dimension FastScan (Bruker, США).

Морфология поверхности пленки до и после БТО показана на рис. 1. После нанесения (рис. 1, а) поверхность пленки Pt/NiV гладкая с частицами. Значительные изменения структуры поверхности пленки происходят после проведения быстрой термической обработки (рис. 1, б, в). После применения БТО до температуры 500 °С шероховатость R_a и R_q снижается и увеличивается при повышении температуры до 600 °С. Структура пленок, полученных при температурах 450–550 °С, схожа: появляются зерна различного размера от $16,2 \pm 5,0$ нм до $96,0 \pm 23,0$ нм и происходит образование конгломератов (рис. 1, б). Повышение температуры БТО с 550 до 600 °С приводит к укрупнению зерен до $120,9 \pm 35,3$ нм.

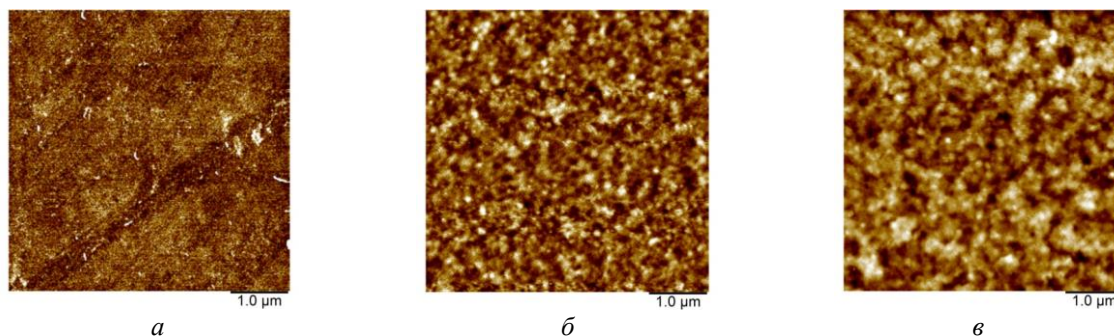


Рис. 1. АСМ-изображения (поле 5×5 мкм²) структуры поверхности пленки Pt/NiV до (а) и после БТО при температурах 550 °С (б) и 600 °С (в)

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, проект № T23MЭ-010.

Литература

1. Azimirad, R. Improved thermal stability of NiSi nanolayer in Ni-Si Co-sputtered structure / R. Azimirad [et al.] // International Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2011. – Vol. 7, № 1. – P. 14–20.
2. Соловьев, Я. А. Получение барьеров Шоттки быстрой термообработкой пленок сплава никель–платина–ванадий на кремнии / Я. А. Соловьев, В. А. Пилипенко // Современные информационные и электронные технологии: материалы 21 междунар. науч.-практ. конф.; Одесса 25–29 мая 2020 года / Политехперіодика. – Одесса, 2020. – С. 88–89.

УДК 681.586.2

ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНОГО ТАКТИЛЬНОГО СЕНСОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИНЫ ПРОВОДЯЩЕЙ СТРУКТУРЫ

Студент гр. 11310121 Осокин Д. И.¹, магистрант Насевич А. А.¹
Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.¹, ст. преподаватель Люцко К. С.¹,
мл. научный сотрудник Трухан Р. Э.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Тактильные сенсоры – это устройства, позволяющие получать информацию о точке контакта и о свойствах поверхности контакта. Тактильные датчики используются в промышленности, медицине и робототехнике при создании бионической кожи, для геометрического распознавания предметов, визуального отображения и при взаимодействии человека с компьютером [1; 2]. По принципу работы тактильные сенсоры могут быть пьезорезистивными, пьезоэлектрическими, емкостными, трибоэлектрическими, оптическими и электромагнитными. Наиболее простыми в изготовлении являются пьезорезистивные сенсоры, которые также обладают хорошей прочностью и стабильностью [2]. Их принцип работы основан на изменении сопротивления чувствительной структуры при механическом воздействии. Изменение сопротивления (ΔR) сенсора под действием приложенного напряжения зависит от физических свойств материала и от геометрии проводящей структуры [1; 3].

Цель работы является расчет изменения ΔR от длины пьезорезистивного тактильного сенсора на основе моно- и поликристаллического кремния.

Изменение ΔR от длины проводящей структуры с постоянной площадью показано на рис. 1. Из-за большой разницы в удельном сопротивлении, ΔR поликристаллического кремния на 4 порядка выше, чем у монокристаллического. При увеличении длины сенсора из монокристаллического кремния на 1 мкм ΔR увеличивается на 8 кОм, когда для поликристаллического кремния рост составляет 240 МОм на 1 мкм.

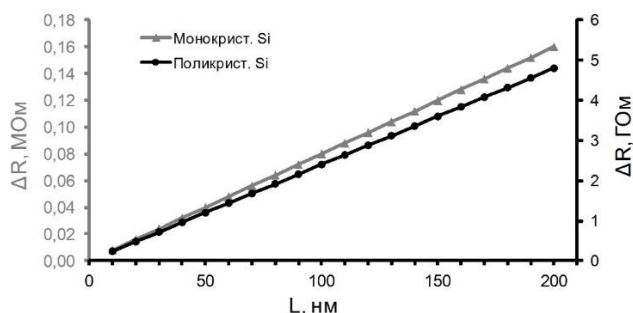


Рис. 1. Зависимость изменения сопротивления тактильного сенсора на основе двух типов кремния при увеличении длины проводящей структуры

Литература

1. Novel tactile sensor technology and smart tactile sensing systems: A review / L. Zou [et al.] // Sensors. – 2017. – Vol. 17, № 11. – P. 2653.
2. Sensitive piezoresistive tactile sensor combining two microstructures / X. Sun [et al.] // Nanomaterials. – 2019. – Vol. 9, № 5. – P. 779.
3. Мишкович, Н. С. Влияние длины тактильного сенсора на изменение сопротивления при касании / Н. С. Мишкович, Т. А. Кузнецова, В. А. Лапицкая // Новые направления развития приборостроения: материалы 13-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 15–17 апреля 2020 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – С. 168–169.

УДК 681

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ В ЭМУЛЬСИЯХ

Студент гр. 11304122 Павловский А. А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель данного исследования – изучение каталитических реакций, происходящих в эмульсиях, выявление их особенностей, механизмов и кинетики, а также анализ влияния различных факторов, таких как тип катализатора, концентрация реагентов, рН среды и другие условия, на эффективность проведения реакции в эмульсионной системе.

Эмульсия – это комбинация двух или более жидкостей, которые обычно не смешиваются из-за разделения на жидкую и жидкую фазу.

Катализатор – это вещество, которое ускоряет химическую реакцию, участвует в ней, но остается неизменным после ее завершения (рис. 1).

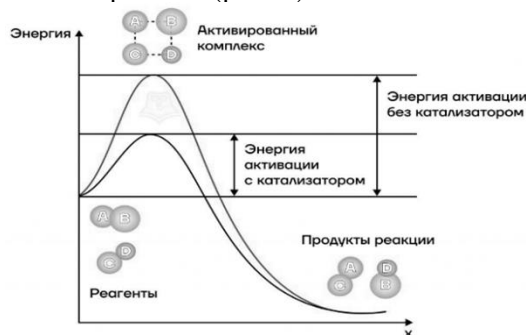


Рис. 1. Механизм действия катализатора

Один из методов ускорения химических реакций – применение нано- и микрореакторов, которые содержат разные среды с нано- и микроразмерными неоднородностями, эффективно сосредотачивающими реагенты внутри себя. Один из случаев поверхностных нанореакторов – это сочетание поверхностных слоев сферических капель эмульсии.

Значительное ускорение реакции в таких реакторах происходит лишь при наличии высокой поверхностной активности реагентов, таких как катализаторы и субстраты. Благодаря высокой поверхностной активности многих мономеров полимеров, можно эффективно концентрировать катализаторы, добавляя каталитические группы в полимерную цепь, которая имеет аффинность к переходным областям. Таким образом, концентрация катализатора в поверхностных нанореакторах определяется не только его собственной поверхностной активностью, но также амфифильностью звеньев полимерной цепи, которая несет его (рис. 2).

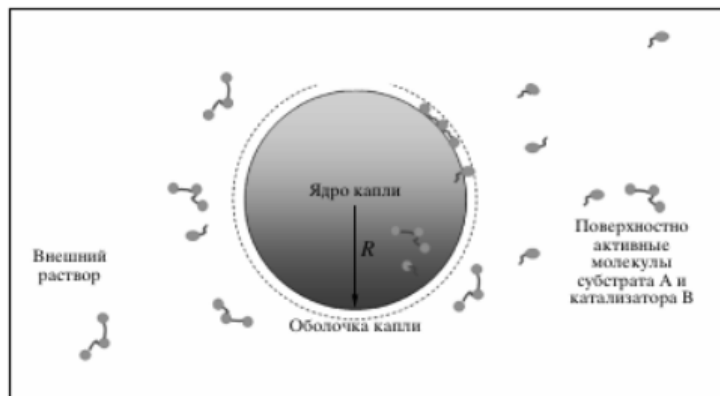


Рис. 2. Модель системы

Таким образом, изучение каталитических реакций в эмульсиях позволяет получить новые знания о механизмах и кинетике данных процессов, оптимизировать условия проведения реакции и разработать более эффективные катализаторы. Дальнейшие исследования в этой области имеют потенциал для создания новых методов синтеза, улучшения производственных процессов и развития промышленности.

Литература

1. Петровская, Е. В. Каталитические реакции в эмульсиях в присутствии полимерного катализатора / Е. В. Петровская, В. В. Василевская, А. Р. Хохлов. – МГУ, 2007.

УДК 681

РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ УПРУГОГО ПОДВЕСА ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА АКСЕЛЕРОМЕТРА

Магистранты гр. 61315023 Париза И. А., Забогонский К. А.

Кандидат техн. наук, доцент Таратын И. А., кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Расчет жесткости упругого подвеса является ключевым этапом в проектировании чувствительных элементов акселерометров, поскольку он определяет способность прибора реагировать на внешние ускорения при минимальных деформациях. Эффективный подвес должен обеспечивать высокую чувствительность и точность измерений, минимизируя при этом влияние внешних воздействий.

В данной работе выполнен расчет жесткости упругого подвеса чувствительного элемента (ЧЭ) осевого микроакселерометра изготовленного из кремниевой пластины типа (100) размерами: $a_m = b_m = 4$ мм; $c_m = 0,36$ мм; сечение упругой балки: $b_n = 0,2$ мм; $c_n = 0,2$ мм, $l = 0,9$ мм, $k = 0,321$; массой $m_n = 13,71$ мг. Проведен сравнительный анализ между смоделированным и рассчитанным статическим смещением.

Упругий подвес сформирован в виде четырех симметрично расположенных балок, модель которого приведена на рис. 1.

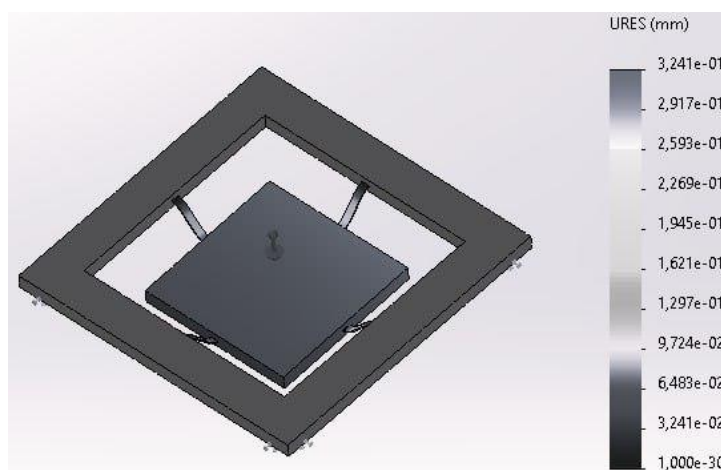


Рис. 1. Модель упругого подвеса ЧЭ, с равномерно приложенными силами на его поверхность

Для определения жесткости подвеса ЧЭ были рассчитаны коэффициенты жесткости матрицы (для одной балки) с учетом, что центр масс и геометрический центр пластины совпадают. Имеем:

$$k_{11} = \frac{12EI}{l^3} = 368,724 \text{ Н/м}; \quad k_{12} = \frac{6EI}{l^2} = 0,166 \text{ Н}; \quad k_{22} = \frac{4EI}{l} = 9,96 \cdot 10^{-5} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

В результате проведенных расчетов жесткость упругого подвеса чувствительного элемента $G\alpha = 26,95 \cdot 10^{-5} \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Статическое смещение пластины:

$$y_{\text{ст}} = \frac{mg(k_{22} - l_x k_{12})}{n(k_{11} k_{22} - k_{12}^2)} = 3,645 \cdot 10^{-1} \text{ мм}.$$

Относительное отклонение результатов вычислений по отношению к результатам моделирования составляет 11,08 %.

Литература

1. Распопов, В. Я. Микромеханические приборы / В. Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.

УДК 621.373.826:533.9+537.9

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ОКСИДА ЛАНТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО ЭРБИЕМ, НА КОРУНДОВОЙ ПОДЛОЖКЕ

Студент гр. 11310120 Подвицкий Н. В.¹

Кандидат техн. наук Босак Н. А.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

В XXI веке материалы из класса перовскитов приобрели широкое распространение в материаловедении по причине наличия у них исключительных оптических и электромагнитных свойств [1].

Композит $\text{LaMnO}_3 + 1,5 \text{ \% Er}_2\text{O}_3$ в виде пленки осаждался путем лазерного распыления керамической мишени при низком вакууме ($p = 0,2933 \cdot 10 \text{ Па}$) на две монокристаллических подложки: кремниевую и корундовую (Al_2O_3). Для этой цели использовалась лазерная установка ($\lambda = 1,06 \text{ мкм}$) с частотой повтора импульсов от 5 до 50 кГц. Она состояла из: лазера импульсного типа, оптической системы для транспортировки излучения мишени, вакуумной камеры, а также модуля измерения и диагностики. Частота повторения импульсов варьировалась в зависимости от уровня накачки лазера и количества затворов (LiF с F_2^- -центрами окраски) со значительной оптической плотностью. Длительность импульсов на полувысоте составляла $\tau \sim 85 \text{ нс}$ [2]. Осаждение пленки достигалось при плотности мощности лазерного излучения $q = 84 \text{ МВт/см}^2$ и частоте импульсов $f \sim 9\text{--}10 \text{ кГц}$.

Пропускание манганита лантана с примесью оксида эрбия на подложке оксида алюминия в видимой части спектра и в области ближнего ИК-излучения (рис. 1, а) резко нарастает от $T = 1,6\%$ на длине волны $\lambda = 331$ нм до $T = 70,3\%$ на длине волны $\lambda = 779$ нм. Начиная с $\lambda = 1058$ нм хорошо наблюдаются осцилляции, обусловленные интерференцией. В спектре пропускания пленки в средней ИК-области (рис. 1, б) наблюдается пик с $T_{\text{макс}} = 21\%$ на частоте $\nu_1 = 1246$ см^{-1} , а на $\nu_2 > 1822$ см^{-1} также можно наблюдать осцилляции пропускания. Зависимость коэффициента отражения R пленки $\text{LaMnO}_3 + 1,5\% \text{Er}_2\text{O}_3$ (рис. 1, в) от длины волны имеет колебательный характер с 4-мя пиками в спектре пропускания, а также высокочастотные колебания, которые объясняются интерференцией.

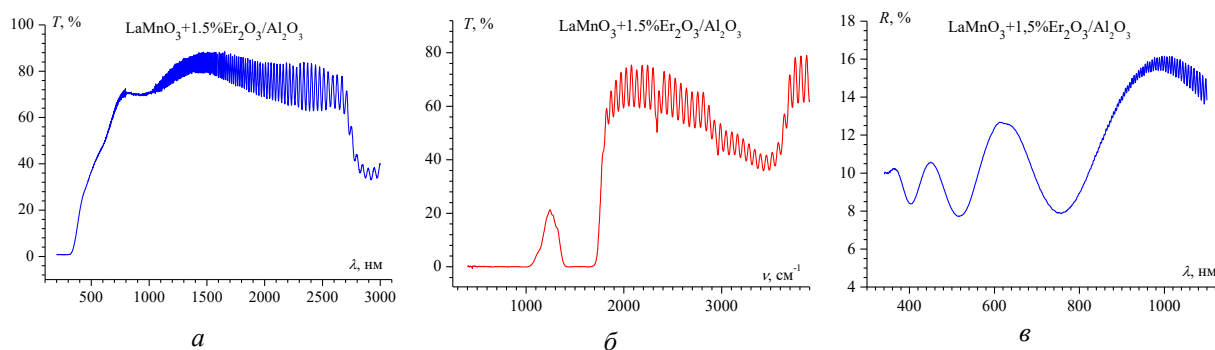


Рис. 1. Спектры пропускания и отражения пленки

Литература

1. Морфология поверхности, оптические и электрофизические свойства пленок оксида лантана, легированного эрбием / Н. А. Босак [и др.] // Сборник научных статей XIII Международной научной конференции «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах», 2023, Минск, Беларусь. – С. 21–28.
2. Минько, Л. Я. Об эффективном режиме эрозивного приповерхностного плазмообразования в воздухе при импульсно-периодическом лазерном воздействии / Л. Я. Минько, А. Н. Чумаков, Н. А. Босак // Квантовая электроника. – 1990. – Т. 17, № 11. – С. 1480–1484.

УДК 621.373.826:533.9+537.9

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ОКСИДА ЛАНТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО ЭРБИЕМ

Студент гр. 11310120 Подвицкий Н. В.¹, аспирант Бука А. В.²

Кандидат техн. наук Босак Н. А.³

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

³Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Пленки манганита лантана, легированных эрбием, $\text{LaMnO}_3 + 1\% \text{Er}_2\text{O}_3$ осаждались методом лазерного распыления высокой частоты из керамической мишени в вакууме ($p = 2,2 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.) на экспериментальной с неодимовым лазером (длина волны $\lambda = 1,06$ мкм, длительность лазерных импульсов на полувысоте $\tau \sim 85$ нс) [1]. Осаждение пленки происходило при плотности мощности излучения лазера $q = 77$ МВт/см² с частотой импульсов $f \sim 10\text{--}12$ кГц.

АСМ-изображения поверхности пленок $\text{LaMnO}_3 + 1\% \text{Er}_2\text{O}_3$, полученных на полированной подложке монокристаллического кремния [100], представлены на рис. 1. Посредством атомно-силовой микроскопии удалось выяснить, что осаждение наночастиц $\text{LaMnO}_3 + 1\% \text{Er}_2\text{O}_3$ на кремниевую подложку привело к формированию неоднородной поверхности с большим количеством образований в виде капель. Их латеральный размер составил 0,2–5,0 мкм, а высота колеблется в диапазоне от 60 до 800 нм.

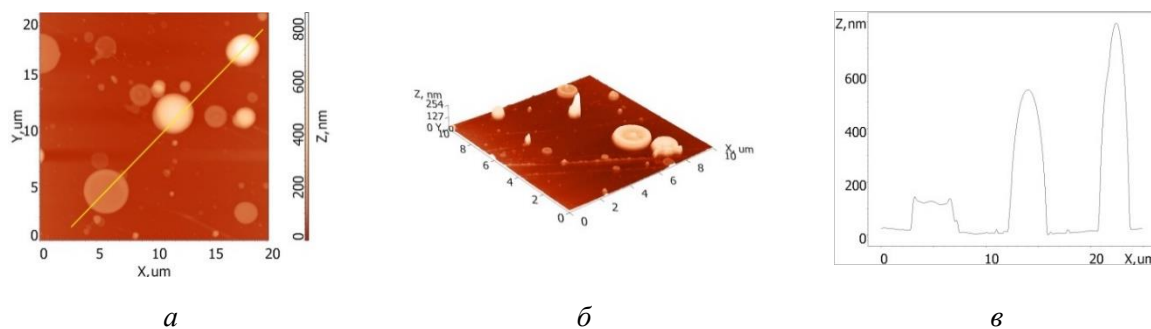


Рис. 1. АСМ-изображения морфологии (а, б) и профиль сечения поверхности (в)

Пропускание пленки $\text{LaMnO}_3 + 1\% \text{Er}_2\text{O}_3$ на кремнии в ближней ИК-области спектра (рис. 2, а) резко нарастает от $T = 0,8\%$ на длине волны $\lambda = 968$ нм до значения пропускания $T = 58\%$ на длине волны $\lambda = 1227$ нм. На спектре пропускания в средней ИК-области (рис. 2, б) видны две полосы поглощения на частотах $\nu_1 = 607 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_2 = 1107 \text{ см}^{-1}$ и плавный рост пропускания до $T_{\text{макс}} = 65\%$ на $\nu = 2344 \text{ см}^{-1}$. Зависимость коэффициента отражения R пленки (рис. 2, в) от длины волны имеет колебательный характер и достигает максимального значения $R_{\text{макс}} = 24,3\%$ на $\lambda = 929$ нм.

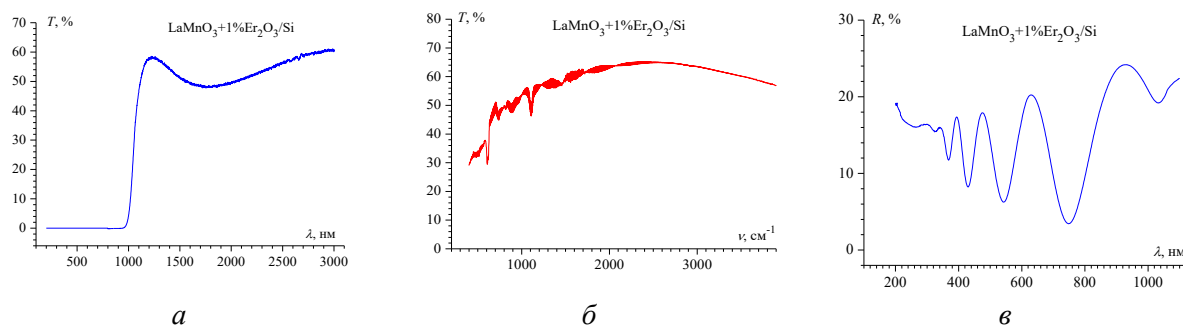


Рис. 2. Изображение спектров пропускания в видимой, ближней ИК-области (а), средней ИК-области (б) и отражения (в)

Литература

1. Минько, Л. Я. Об эффективном режиме эрозионного приповерхностного плазмообразования в воздухе при импульсно-периодическом лазерном воздействии / Л. Я. Минько, А. Н. Чумаков, Н. А. Босак // Квантовая электроника. – 1990. – Т. 17, № 11. – С. 1480–1484.

УДК 621

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СИНТЕЗА ПОЛИМЕРНОГО АРМИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА

Студент гр. 11304121 Потонейко А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение технологического процесса получения композиционных полимерных материалов, армированных стекловолокном.

В работе проведен обзор литературных источников в области синтезирования материалов, а более подробно изучен метод армирования полимеров с использованием стекловолокна. Стекловолокно – искусственное волокно, которое формируется из расплавленного неорганического стекла. Использование стекловолокон и стеклоткани имеет свои преимущества: они не горят, не гниют, не впитывают влагу, а также имеют хорошую теплоемкость и невысокую плотность.

Армированный полимер основан на чистом пластике с добавлением стекловолокна для улучшения использования материала. Свойства армированных полимерных композитов зависят от свойств материала, которое используется для армирования. Поэтому после армирования полимера стекловолокном улучшаются жаропрочность, жесткость и ударопрочность материала, а

также многие пластики приобретают свойство огнестойкости. Важными достоинствами армированных полимеров являются высокая технологичность, низкие капитальные затраты на организацию производства и низкая материалоемкость изготовленных изделий.

Метод, который основан на получении растворов, является одним из самых распространенных способов получения композитов на основе высоковязких полимеров. Основная схема получения заключается в смешивании полимера и растворителя в определенных пропорциях [1].

В качестве сырья для производства полимерных композитов, армированных стекловолокном, использовались порошки полисульфон (ПСФ) и стекловолокна Т-23 полотняного переплетения предварительно нагретые и силанизированные. Порошок ПСФ растворяли в N-метил-2-пирролидоне (NMP) для получения раствора, который использовался для пропитки стеклотканей. После пропитки стеклоткани отправлялись на сушку при температуре $T = 150$ °С. Этот этап выполнялся для удаления растворителя. Далее образцы подвергались термопрессованию при температуре $T = 340$ °С и давлении $P = 10$ МПа. По итогу были получены композиты при трехмассовых соотношениях волокна к полимеру. В результате изучения технологического процесса разработана технологическая схема (рис. 1).

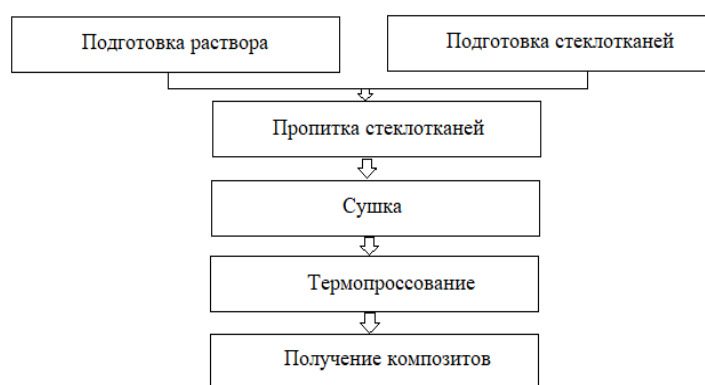


Рис. 1. Технологическая схема получения композиционных полимерных материалов, армированных стекловолокном

Область применения материалов, армированных с использованием стекловолокна разнообразна. Материалы применяются в приборостроении, микроэлектронике, авиационно-космической технике, автомобилестроении.

Литература

1. Бондалетова, Л. И. Полимерные композиционные материалы / Л. И. Бондалетова, В. Г. Бондалетов. – Томск: ТПУ, 2013. – 118 с.

УДК 537

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС

Студент гр. 11304121 Потонейко А. В.

Кандидат физ-мат. наук, доцент Сернов С. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью работы является изучение электронного парамагнитного резонанса, его структуры и свойств.

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) – явление резонансного поглощения электромагнитного излучения парамагнитным веществом, которое помещено в постоянное магнитное поле. ЭПР является одним из методов радиоспектроскопии. Парамагнитные частицы представляют собой атомы и молекулы с нечетным числом электронов, свободные радикалы, ионы переходных элементов и т. п.

Магнитный и механический момент может находиться только в системах с незаполненными электронными оболочками, он всегда равен 0. Полагая, что у ядра атома отсутствует магнитный момент. Из этого следует, что магнитные свойства атома будут иметь связь с орбитальным

движением электрона, который можно представить как круговой ток с магнитным моментом. В этом случае отношение магнитного момента к механическому будет равно g -фактору, т. е. гиромагнитному отношению.

Гиромагнитное отношение может быть только энергий, вырожденных на орбитальных уровнях основного состояния. Для таких уровней спиновый и орбитальный моменты взаимодействуют между собой и описываются суммарным моментом, а g -фактор рассчитывается по формуле Ланде. В случае же невырожденных орбитальных уровней внешнее поле активирует слабое орбитальное движение, g -фактор отклоняется от спинового значения и происходит пространственная анизотропия g -фактора.

Анизотропия g -фактора имеет влияние на величины резонансного поля H_0 . Если в монокристалле парамагнитные центры одинаково ориентированы относительно кристаллографических осей, то при повороте кристалла, величины g и H_0 изменяются. В случае же, когда центры ориентированы случайно, спектр представлен в виде наложения спектров групп одинаково ориентированных парамагнитных центров. Изменение ориентации ЭПР-образца со случайно ориентированными парамагнитными центрами с анизотропным g -фактором не сказывается на положении спектра (рис. 1).

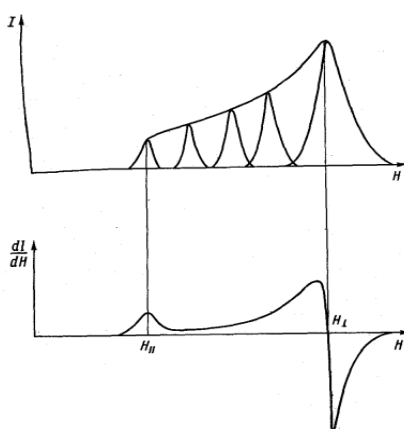


Рис. 1. Спектр ЭПР-образца, содержащего случайно ориентированные парамагнитные центры с анизотропным g -фактором

Метод ЭПР применяется в физике твердого тела, химии, минералогии, биологии и медицине. В физике полупроводников ЭПР-спектроскопия применяется для исследования материалов полупроводниковой электроники и является источником для анализа в научных лабораториях [1].

Литература

1. Рембеза, С. И. Парамагнитный резонанс в полупроводниках / С. И. Рембеза. – М.Н.И.И.Л., 1962.

УДК 621

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Студент гр. 11310121 Пытченко С. С.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет

Технологический прогресс неразрывно связан с разработкой материалов, способных выдерживать экстремальные температуры, обладающие высокой прочностью, низким коэффициентом трения, износостойкостью и другими характеристиками. Для достижения таких свойств проводятся исследования по созданию новых композитных материалов, керамических и металлических сплавов, наноматериалов, полимеров. Такие материалы могут обладать уникальными свойствами, которые улучшают производительность изделий, обладают меньшей стоимостью и увеличивают срок службы.

Получение композитного материала с нанотрубкой является одним из методов улучшения свойств материалов за счет добавления наночастиц. Нанотрубки обладают уникальными харак-

теристиками, такими как высокая прочность и электропроводность. Это делает их полезным компонентом для создания новых материалов с улучшенными свойствами. Очень важно в данном процессе подобрать соотношение исходных компонентов, а также должны соблюдаться необходимые условия, для получения необходимых свойств итогового материала.

Важной задачей современной науки является повышение как механических, так и эксплуатационных свойств керамики. Для достижения этих целей используют композитные материалы на основе Al_2O_3 с добавлением углеродных нанотрубок (УНТ).

Для армирования керамической матрицы $\alpha-Al_2O_3$ были взяты углеродные нанотрубки (их получили методом пиролиза метанводородной газовой смеси). Использовался состав $[Fe_{0,15}Co_{0,45}Al_{0,40}]_2O_3$ (60 % активной фазы). Он выступал в качестве катализатора для данной смеси. Температура пиролиза находилась в пределах 690–720 °С. Выход продукта в таких условиях будет равен 30 г/г кат [1].

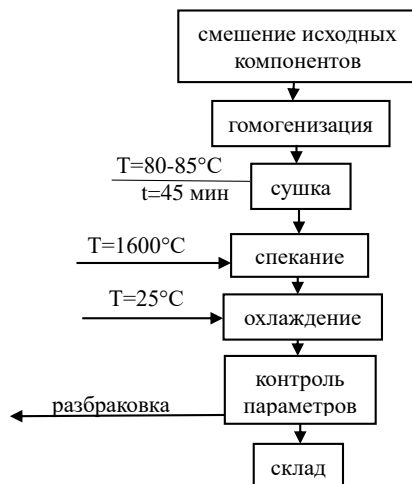


Рис. 1. Технологическая схема процесса получения композиционного материала Al_2O_3 -УНТ

Полученный материал, благодаря высокой температуре спекания, обладает пористостью, максимально приближенной к нулевому значению, что существенно повышает его прочность, износостойкость и другие характеристики.

Литература

1. Экспериментальное исследование кинетических закономерностей синтеза углеродных нанотрубок каталитическим пиролизом газовых смесей переменного состава / Е. А. Скичко [и др.]. Фундаментальные исследования. – № 3 (2). – 2012. – С. 414–418.

УДК 539.23 + 691.175.2

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ ПОЛИВИНИКАРБАЗОЛА, СФОРМИРОВАННЫЕ МЕТОДОМ СПИН-КОАТИНГА

Мл. научный сотрудник Сапсалёв Д. В.¹

Кандидат техн. наук, доцент Мельникова Г. Б.¹, научный сотрудник Толстая Т. Н.¹,
д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2}

¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Введение. Поливинилкарбазол (ПВК) и нанокompозиты на его основе представляют значительный интерес для науки и техники (создание светодиодов, оптоэлектроника, сенсорика и пр.). Множество сфер практических приложений ПВК обуславливает необходимость получения материалов на его основе с различной толщиной, в том числе в виде тонких пленок [1; 2].

Материалы и методы. Покрытия ПВК (Sigma-Aldrich, $M_r = 1\ 100\ 000$) формировали методом спин-коатинга на предварительно гидрофилизированных кремниевых подложках из его растворов в хлороформе с различными концентрациями (от 0,5 до 0,0625 мг/мл). Аликвоту рас-

твора полимера объемом 6 мкл прикапывали на подложки, вращающиеся со скоростью 3200 об/мин. Вращение не прекращали в течение 1 мин для удаления остатков растворителя. Нанокompозитные покрытия получали введением наночастиц SiO_2 в структуру полимера. Для этого раствор ПВК ($c = 0,125$ мг/мл) смешивали с суспензией наночастиц SiO_2 (Sigma-Aldrich, $d = 10\text{--}20$ нм) в хлороформе ($c = 2$ мг/мл), предварительно выдержанной в ультразвуковой ванне (10 мин) в объемном соотношении 1:1, после чего повторяли обработку ультразвуком (5 мин). Исследования структуры сформированных покрытий проводили методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на установке NT-206 (ОДО «Микротестмашины», Беларусь) с использованием кремниевых кантилеверов NSC 11 (Mickromasch, Эстония).

Результаты и их обсуждение. Согласно данным АСМ, метод спин-коатинга позволяет формировать плотные слои ПВК на поверхности кремниевых подложек (рис. 1, а–в). Наиболее равномерные покрытия получены из раствора с концентрацией полимера 0,0625 мг/мл. Большие содержания ПВК в растворе приводят к образованию конгломератов на поверхности покрытий, в то время как уменьшение концентрации ПВК приводит к дефектам, связанным с недостаточным количеством полимера на поверхности подложки в момент формирования покрытия. Установлено, что нанокompозит состава ПВК– SiO_2 имеет однородную структуру с равномерно распределенными конгломератами наночастиц (рис. 1, г).

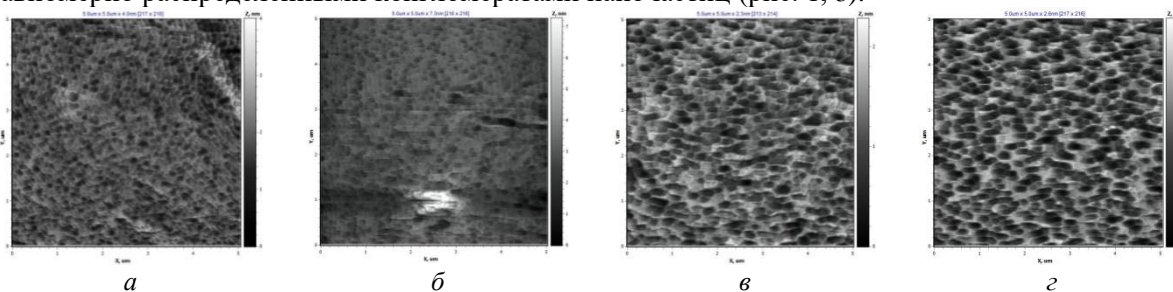


Рис. 1. Структура пленок ПВК ($c = 0,5$ мг/мл (а); $c = 0,125$ мг/мл (б); $c = 0,0625$ мг/мл (в)) и нанокompозиционного покрытия ПВК– SiO_2 (г), сформированных на поверхности гидрофилизованных кремниевых пластин методом спин-коатинга

Таким образом в результате выполнения работы была установлена оптимальная концентрация ПВК в растворе для формирования плотных, однородных покрытий – 0,0625 мг/мл. Показано, что метод спин-коатинга может быть успешно применен для получения композиционных покрытий на основе ПВК с неорганическими наночастицами.

Литература

1. Fischer, T. Quantum dot-based sensor layer in lightweight structures / T. Fischer [et al.] // *Microelectronic Engineering*. – 2015. – Vol. 146. – P. 57–61.
2. He, R. In situ synthesis of CdS/PVK nanocomposites and their optical properties / R. He [et al.] // *Materials Letters*. – 2003. – Vol. 57. – P. 1351–1354.

УДК 666.3.017

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Студент спец. 6-05-0711-03 гр. 4 Станчук А. А.

Кандидат техн. наук Сергиевич О. А., кандидат техн. наук, доцент Богдан Е. О.
Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

Керамические материалы с повышенной термостойкостью могут быть получены сочетанием высокопрочных кристаллических фаз, характеризующихся низким ТКЛР. С этой точки зрения представляет интерес система $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2\text{--TiO}_2$, в которой тройные соединения не образуются, но имеются обширные области кристаллизации двойных соединений: муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) и тиалита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$) [1]. На основе данной системы были синтезированы огнеупорные материалы с использованием чистых оксидов и природного сырья (огнеупорной глины и каолина), изучен фазовый состав керамики в зависимости от соотношения компонентов экспериментальных масс, а также условий синтеза. Установлено, что титанат алюминия формируется только

при 1 400 °С и выше. Согласно диаграмме состояния $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ инвариантная точка, являясь общей для полей кристаллизации корунда, муллита и титалита, имеет высокую температуру плавления 1 710 °С, носит реакционный характер и лежит вне поля фазового треугольника указанных соединений. Для данной системы целесообразно осуществлять активирование процессов спекания путем введения специальных минерализаторов, которые ускорят перенос вещества без увеличения количества расплава, так как образующаяся из него стеклофаза снижает термомеханические характеристики [1].

В качестве сырьевых компонентов использовались технический глинозем марки ГК-2, глина огнеупорная Веселовского месторождения «Веско-Гранитик», диоксид титана и оксиды-модификаторы. Опытные образцы изготавливались методом полусухого прессования из опытных смесей, приготовленных совместным помолом исходных компонентов в планетарной мельнице. Обжиг образцов проводился в электрической печи при температурах 1 350, 1 375 и 1 400 °С с выдержкой при максимальной 1 ч.

Установлено, что при введении оксидов-минерализаторов, способствующих увеличению показателей ТКЛР, с образованием твердых растворов меньшей степени анизотропии кристаллической решетки, чем у Al_2TiO_5 , а также выделением других кристаллических фаз, высокие показатели ТКЛР характерны для образцов с добавкой модификаторов в количестве 2,5 и 5 масс. %. Данные РФА свидетельствуют о том, что при таком введении добавок качественный фазовый состав образцов изменяется незначительно. В качестве оптимальных выбраны составы, содержащие 5 масс. % SnO_2 и 7,5 масс. % CeO_2 . Материалы, полученные на основе этих составов при температуре синтеза 1375 °С, характеризовались низкими значениями водопоглощения 0,2–2,2 % и открытой пористости 0,7–7,2 %, высокой кажущейся плотностью 3 360–3 670 кг/м³ и механической прочностью при сжатии 128–216 МПа. Значения ТКЛР изменялись в диапазоне $(2,4-3,2) \cdot 10^{-6} K^{-1}$, теплопроводность – $(2,6-3,02) Вт/(м \cdot К)$. Разработанные материалы выдерживают более 70 циклов нагревания и охлаждения (800 °С – вода) и могут использоваться для работы в условиях резких перепадов температур.

Таким образом, термостойкие керамические материалы, изготовленные из разработанных составов оптимального состава с использованием модифицирующих добавок, прошли апробацию на ряде предприятий машиностроительной отрасли Республики Беларусь и подтвердили свои высокие эксплуатационные характеристики.

Литература

1. Суворов, С. А. Эволюция структуры композиционного материала на основе титаната алюминия и муллита / С. А. Суворов, В. Н. Фищев, А. Н. Игнатьева // Огнеупоры и техническая керамика. – 2013. – № 3. – С. 3–9.

УДК 532.64.08

КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПЛЕНКАМИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

Мл. научный сотрудник Трухан Р. Э.¹, научный сотрудник Толстая Т. Н.¹
Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.^{1,2}, д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2},
д-р техн. наук, профессор Рогачев А. А.³

¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

³Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Для микрогидродинамики и микрофлюидных устройств [1] смачиваемость поверхности играет большую роль. На смачиваемость поверхности влияет шероховатость и ее поверхностная энергия. Нанесение полимерных пленок на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) придает поверхности гидро- и олеофобные свойства за счет фторированных углеродных связей [1]. Уникальный набор физических и химических свойств ПТФЭ позволяет применять его в химической и электротехнической промышленности, медицине [2] и в слабонагруженных триботехнических компонентах [1]. Дополнительная модификация полимера другими веществами также оказывает влияние на смачиваемость поверхности.

Цель работы: определение краевого угла смачивания наноструктурированной металлизированной поверхности, модифицированной пленками политетрафторэтилена.

Металлизированная наноструктурированная поверхность (МНП) формировалась прокаткой алюминиевого слоя на никелевой матрице. Поверхность МНП состоит из полос высотой 120–160 нм. Пленки политетрафторэтилена толщиной 50 и 100 нм, а также пленка ПТФЭ с парафином в соотношении 6:1 нанесены методом электронно-лучевого диспергирования на МНП. Краевые углы смачивания измеряли на установке DSA 100E (KRUSS, Германия) с использованием воды в качестве контрольной жидкости.

Для чистой МНП и МНП с пленками ПТФЭ разной толщины и с парафином были определены значения краевого угла смачивания (рис. 1). Нанесение пленки ПТФЭ повышает гидрофобность МНП. При толщине пленки 100 нм КУС выше на 2,6°, чем при толщине 50 нм. Добавление парафина в пленку ПТФЭ заметно снижает краевой угол смачивания пленки ПТФЭ, но незначительно снижает КУС металлизированной наноструктурированной поверхности.

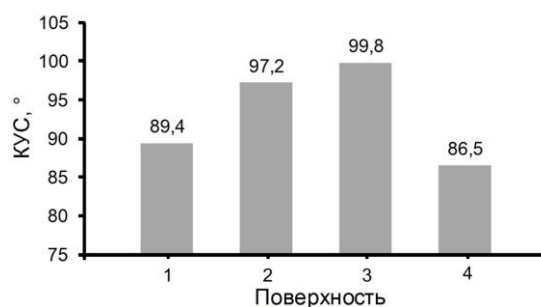


Рис. 1. Краевой угол смачивания поверхностей: 1 – МНП; 2 – МНП с пленкой ПТФЭ толщиной 50 нм; 3 – МНП с пленкой ПТФЭ толщиной 100 нм; 4 – МНП с пленкой из ПТФЭ и парафина

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Конвергенция-2025», задание № 3.03.3.

Литература

1. Superhydrophobic electrospayed PTFE / E. Burkarter [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2007. – Vol. 202, iss. 1. – P. 194–198.
2. Модификация поверхностных свойств ПТФЭ методами ионного и электронно-лучевого воздействия / И. А. Курзина [и др.] // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2016. – Т. 13, № 4. – P. 473–484.

УДК 620.179.12; 620.178.154.9

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ TiN И AlN, НАНЕСЕННЫХ ВАККУУМНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ

Аспирант Хабарова А. В.¹, кандидат техн. наук Лапицкая В. А.^{1,2}
 Д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2}, ст. научный сотрудник Николаев А. Л.³,
 кандидат физ-мат. наук Садырин Е. В.³, кандидат техн. наук Волков С. С.³,
 д-р физ-мат. наук Айзикович С. М.³

¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

³Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Покрытия, состоящие из двух и более слоев разрабатывают для ряда триботехнических применений, поскольку наличие внутренних границ раздела в покрытии обеспечивает высокую твердость и лучшую устойчивость к разрушению. В этом отношении больших успехов достигли покрытия на основе нитридов переходных металлов [1]. Многослойность также можно использовать для объединения свойств отдельных материалов в многофункциональный пакет с более высокими физико-механическими свойствами [1].

В данной работе исследованы многослойные покрытия TiN и AlN с различной композицией содержания азота по слоям в пределах градиента, которые были нанесены на кремниевые под-

ложки ориентации (100) вакуумно-магнетронным методом с помощью системы VSM 100 (ROBvac, Россия) при постоянном давлении в камере 0,78 Па. Каждое покрытие состояло из трех слоев с различным содержанием азота в пределах каждого слоя. Выбор слоев произведен по результатам определения физико-механических и трибологических свойств каждого отдельного слоя ранее в работах [2; 3]. Параметры осаждения и физико-механические свойства приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры осаждения и физико-механические свойства многослойных покрытий

Покрытие	№ слоя	p_{N_2} , см ³ /мин	Мощность, Вт	Модуль упругости, ГПа	Микротвердость, ГПа
TiN	Слой 1	3	465	184 ±11	15,7 ±1,3
	Слой 2	2	200	183 ±8	13,3 ±1,4
	Слой 3	2	300	181 ±14	11,6 ±1,5
AlN	Слой 1	2	150	65 ±16	1,1 ±0,4
	Слой 2	3	100	57 ±6	1,2 ±0,1
	Слой 3	1	150	56 ±7	1,1 ±0,2

Измерение физико-механических свойств (модуль упругости E и микротвердость H) покрытий проводилось на наноинденторе модели 750 Ubi (Hysitron, США). Индентирование проведено вдавливанием алмазного индентора, имеющего коническую форму наконечника с радиусом кривизны 226 нм. Калибровка радиуса кривизны индентора проводится по стандартному образцу плавленого кварца. Проводилось по 9 индентирований при постоянной нагрузке – 0,1 мН для покрытия AlN и 2 мН для покрытия TiN.

Установлено, что средние значения E и H у многослойного покрытия TiN выше по сравнению с AlN и составляют $E = 134 \pm 4$ ГПа и $H = 10,5 \pm 0,6$ ГПа. Модуль упругости и микротвердость у многослойного покрытия на основе AlN равны 36 ± 14 ГПа и $0,9 \pm 0,1$ ГПа соответственно. Из полученных результатов можно сделать вывод, что многослойные покрытия имеют лучшую стойкость к механической деформации в сравнении с однослойными.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ № T23РНФ-132.

Литература

1. Oila, A. Experimental assessment of the elastic properties of thin TiN/AlN superlattice and nanomultilayer coatings / A. Oila, S. J. Bull // Surface and Coatings Technology. – 2014. – Vol. 257. – P. 87–94.
2. Хабарова, А. В. Структура и свойства покрытий TiN и AlN, нанесенных магнетронным методом, при изменении потока азота в камере / А. В. Хабарова, В. А. Лапицкая, А. Л. Николаев, Е. В. Садырин, С. М. Айзикович, С. А. Чижик // Вакуумная техника и технологии – 2023. Труды 30-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 20–22 июня 2023 г. / под ред. Тетерука Р. А. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. – С. 203–207.
3. The influence of nitrogen flow on the stoichiometric composition, structure, mechanical and microtribological properties of TiN coatings / V. Lapitskaya [et al.] // Materials. – 2024. – Vol. 17, № 1. – P. 120.

УДК 621

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Студент гр. 11310121 Юковец К. О.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Один из современных способов улучшения продукции в области машиностроения и приборостроения заключается в уменьшении размеров их компонентов. Часто для этого применяют тонкопленочные покрытия, свойства которых можно изменять, регулируя их толщину. С точки зрения функциональности такие покрытия находят применение практически во всех областях физики. Для создания этих покрытий используется широкий спектр элементов Периодической системы.

Характеристики тонких покрытий варьируются в зависимости от их толщины. Механические свойства пленок из полимеров изменяются при толщине слоя менее 1,5 мкм, в то время как электрическое сопротивление металлических пленок будет зависеть от их толщины при значении около 80–100 нм.

Получение полупроводниковых пленок является одним из методов улучшения свойств солнечных элементов. В данном процессе важно правильно подобрать метод для получения пленок, а также тщательно отобрать исходные материалы для создания, чтобы получить желаемые свойства материала.

Для эксперимента по улучшению солнечных элементов были взяты полупроводниковые тонкие пленки CdS и CdTe, полученных методом вакуумного дискретного испарения. В качестве исходных материалов использовался сульфид кадмия (CdS) 99,999 % и теллурид кадмия (CdTe) 99,999 %, которые измельчались в порошок размерами 50–100 мкм. Пленки осаждались на подложки, которые представляют из себя очищенные фотопластины толщиной 1 мм, вырезанные в форме шайб диаметром 20 мм [1].



Рис. 1. Технологическая схема получения полупроводниковых пленок CdS и CdTe

Пленки CdS и CdTe, полученные в результате эксперимента, обладают высоким совершенством кристаллической решетки и имеют ширину запрещенной зоны, соответствующую той же, что и у объемного материала.

Литература

1. Технология тонких пленок / Майссел Л. [и др.]. – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с.

СЕКЦИЯ 4. ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681

ENHANCEMENT OF OBJECT DETECTION IN SAR IMAGERY USING ADAPTIVE CFAR

Research Scholar Sushant Pawar¹PhD, Professor, Sanjay T. Gandhe¹, PhD, Professor, Dipak P. Patil²¹Pune Institute of of Computer Technology, Pune, India²Sandip Institute of Engineering and Management, Nashik, India

Object detection in Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery, specifically targeting ships on the sea surface, involves a multistep process. The primary operations include pre-processing, land-sea masking, speckle filtering, pre-screening using Constant False Alarm Rate (CFAR) detection, and discrimination of false alarms. Adaptive thresholding further refines object detection, using multiple window types around each pixel under test and applying discrimination criteria based on shape, size, texture, intensity, and contextual information. The discrimination process involves clustering contiguous detected pixels and eliminating clusters based on predefined criteria. Different noise distribution models like Gaussian, Rayleigh, Weibull, Gamma, Log-Normal, and K-Distribution are considered, impacting the CFAR algorithm's performance in maintaining a constant false alarm rate across various clutter scenarios. The selection of an appropriate noise model involves statistical, spatial, and contextual analysis of SAR image data. CFAR algorithms like Cell Averaging, Order Statistic, Adaptive CFAR, and others are utilized, each with its unique threshold calculation methods and suitability for different clutter environments. The scenarios consider CFAR application with and without speckle filtering, demonstrating the significance of speckle reduction for accuracy in ship detection.

The implementation involves Sentinel-1A SAR image data from Alaska Satellite facility, undergoing pre-processing steps like orbit correction and radiometric calibration. Subset, Thermal noise correction, Sea-land masking, Speckle filtering on ROI. Results from the scenarios show improved accuracy in ship detection with speckle filtering, as the improvement in the ENL (Expected number of looks) using Gaussian noise distribution model. Discrimination uses size parameter which considers length and height of connected pixels. Although further refinement in discrimination processes is needed for better precision. Outlier suppression techniques, such as employing median values instead of mean for threshold calculations, use of dataset from different platforms are suggested for future enhancements. In conclusion, the study explores CFAR-based ship detection in SAR imagery, highlighting the impact of speckle reduction on accuracy.



Fig. 1. Before Speckle filter 33 ship target detected with reference to 18 targets (a) and after Speckle filter 15 ship target detected with reference to 18 targets (b)

Reference

1. Gao, S. Performance comparison of statistical models for characterizing sea clutter and ship CFAR detection in SAR images / S. Gao, H. Liu // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 15. – P. 7414–7430.
2. Leng, X. An adaptive ship detection scheme for spaceborne SAR imagery / X. Leng [et al.] // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, № 9. – P. 1345.

УДК 628.9

MEASUREMENT AND CALCULATION OF OPTICAL PARAMETERS OF BIODYNAMIC LIGHT SOURCE

Graduate student Zhang Y.¹
PhD, docent Saukova Y.²

¹Scientific Research Institute of Natural Graphite Application Technologies “Zhuisheng”, Ulanqab, China

²Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

The natural light environment is the working environment that people are most accustomed to and love, and it can best meet people's physical and psychological needs. However, in architectural design, natural light is uneven and unstable, and artificial light sources are required to fill the light. In order to ensure the comfort of the light environment, a biodynamic light source has been developed. The light source combines human circadian rhythm, simulates the natural light environment by changing the brightness and spectral composition, improves people's indoor visual environment, and then improves people's quality of life. Herein, this test measures and calculates various optical parameters of the biodynamic light source which provides a theoretical and experimental basis for the subsequent improvement of the program design of the biodynamic light source.

Gall et al. [1] proposed the concept of photobiological rhythm factor to quantitatively evaluate the non-visual biological effects of light on the human body, which can be expressed as:

$$\alpha_{cv} = \frac{\int_{380}^{780} P(\lambda)C(\lambda)d\lambda}{\int_{380}^{780} P(\lambda)C(\lambda)d\lambda}. \quad (1)$$

The results of the spectral analysis are shown on fig. 1.

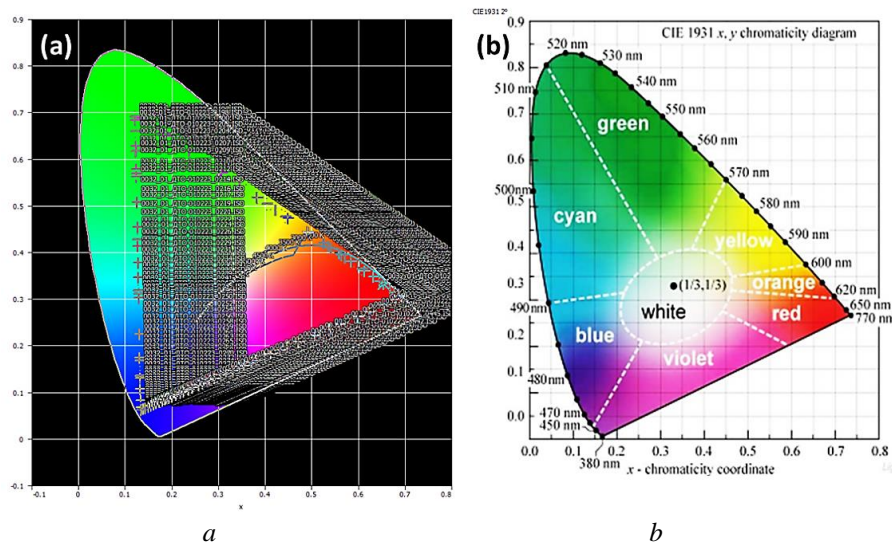


Fig. 1. 1931 CIE chromaticity Diagram: *a* – In test; *b* – Standard

By selecting different types of light sources and using devices such as filters or reflectors, the spectral composition of the light source can be adjusted, thereby optimizing the spectral composition while saving energy. Spectrum composition optimization is a complex problem, which requires comprehensive consideration of various factors, and the selection of appropriate methods and light sources according to different usage scenarios and needs. With the continuous development of intelligent control technology, the future light environment will be more intelligent and adaptive, so as to create a comfortable, healthy and efficient light environment which is suitable for human life.

Reference

1. Gall, D. Definition and measurement of circadian radiometric quantities / D. Gall, K. Bieske // Proceedings of 2004 CIE Symposium on Light and Health, Vienna, 2004. – P. 129–132.

УДК 681.7.015.2+535.317

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЗАЩИТНЫХ БЛЕНД ДЛЯ ЗЕРКАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Студент гр. 11311121 Алешкевич К. В.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В зеркальных системах одно из важных мест занимает разработка мероприятий для защиты плоскости изображения от попадания постороннего света при минимальном виньетировании наклонных пучков и центральном экранировании. Посторонний свет в зеркальных системах устраняется при помощи специальных защитных бленд и конических раструбов. Бленды устанавливаются таким образом, чтобы они не уменьшали относительного отверстия объектива (рис. 1), т. е. не срезали бы осевых пучков, строящих изображение вблизи оптической оси [1].

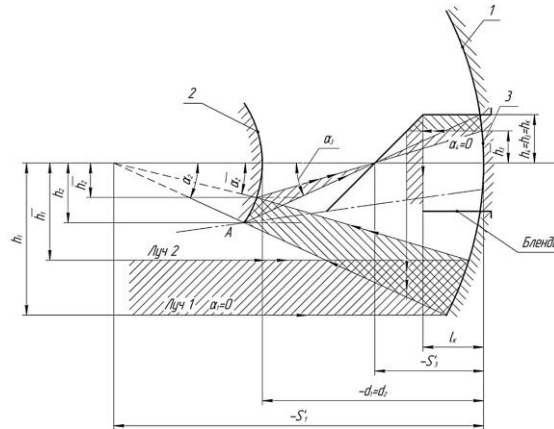


Рис. 1. Положение бленды в оптической системе

Разработан алгоритм расчета при $h_2 = \bar{h}_1$. На рис. 1 представлен опасный луч А прямой за- светки А, идущий через край второго зеркала на край наклонного зеркала. Его и другие наклонные лучи необходимо срезать специальной блендой, которая устанавливается в свобод- ную от хода осевых лучей область: она не заштрихована на рисунке. Положение бленды опре- деляется высотой h_k относительно оптической оси и длиной l_k относительно главной плоско- сти первого зеркала.

Из подобных треугольников получим следующие соотношения для h_k и l_k :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{h_k}{S_1' - S_3' - \frac{h_k}{2N}} = \frac{\bar{h}_1}{S_1'}, \\ l_k = -S_3' - \frac{h_k}{2N}, \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{r_1}{2} \frac{r_3}{2} \frac{h_k}{2N} = \frac{\bar{h}_1}{2}, \\ l_k = -\frac{r_3}{2} - \frac{h_k}{2N}. \end{array} \right.$$

Откуда следует, что

$$\left\{ \begin{array}{l} h_k = \frac{(r_1 - r_2) \bar{h}_1}{r_1 \left(r_1 - \frac{h_1}{N} \right)}, \\ l_k = -\frac{r_3}{2} - \frac{h_k}{2N}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Литература

1. Артюхина, Н. К. Методическое пособие для выполнения курсовой работы по дисциплине «Теория оптических систем и техническая оптика» / Н. К. Артюхина. – Мн.: БПИ, 1985. – 18 с.

ОПТИЧЕСКИЕ ВИЗИРЫ

Студент гр. 11311120 Кирикович В. А., Арбузов А. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнецик В. О.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Оптические визиры используются для расширения функциональных возможностей оптических, оптико-электронных приборов и систем, а именно: наведения угломерного, дальномерного или наблюдательного прибора на определенную точку в пространстве предметов; для определения границ снимаемого пространства в кино- и фотоаппаратуре; для грубой настройки контрольно-юстировочного прибора и отображении информации в плоскости промежуточного изображения или на экране дисплея (оптико-электронные визиры). Применяются визиры в дневное и ночное время, а также в условиях плохого освещения. Существуют три основных типа оптических визиров: панорамные, телескопические и коллиматорные. По конструкции они могут быть монокулярами или бинокулярами.

Самыми простыми являются телескопические визиры, представляющие собой зрительную трубу, состоящую из объектива, оборачивающей системы, сетки и окуляра.

Для упрощения проведения габаритного расчета оптической системы будем считать образующие ее компоненты бесконечно тонкими (рис. 1).

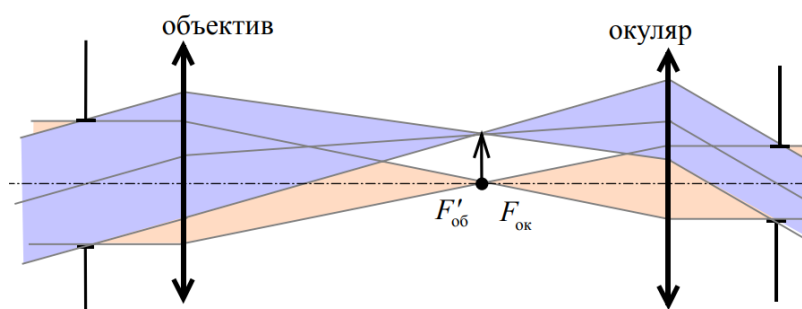


Рис. 1. Схема Кеплера

Исходными данными для расчета являются увеличение визиера (2–12 крат), угловое поле зрения (2–8°), диаметр выходного зрачка (выбирается в зависимости от того, в какое время суток ее предполагается использовать – днем, в сумерках, ночью), удаление выходного зрачка, длина трубы (минимальная).

Габаритный расчет начинается с определения угла поля зрения окуляра по основным формулам, применяемым для расчета простых зрительных труб [1]. В зависимости от полученного значения поля зрения выбирают тип окуляра (как правило, это окуляры Кельнера или симметричные) и определяют его фокусное расстояние. Затем рассчитывают фокусное расстояние объектива, диаметр входного зрачка и длину зрительной трубы. После чего проводится анализ факторов, влияющих на качество изображения (дифракция на входном зрачке объектива, aberrации объектива и окуляра, разрешающая способность глаза) для согласования параметров визиера с возможностями зрительной системы наблюдателя. Поскольку разрешающую способность глаза изменить невозможно, то остается снизить aberrации оптической системы настолько, чтобы их вклад был ниже, чем «размывание» изображения, обусловленное глазом.

Литература

1. Артюхина, Н. К. Теория и расчет оптических систем: учебник для студентов специальности 1-38 01 02 «Оптико-электронные и лазерные приборы и системы» / Н. К. Артюхина. – Минск: БНТУ, 2020. – 257 с.

УДК 535.318

ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЙ ОБЪЕКТИВ ДЛЯ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Студент гр. 11311220 Ачаповский А. И.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Дистанционное зондирование Земли – изучение поверхности Земли и ее атмосферы посредством использования специальной съемочной аппаратуры, установленной на наземных, авиационных и космических аппаратах. Данные, полученные с помощью дистанционного зондирования, имеют важное значение для различных областей науки, таких, как география, экология, геология, геодезия, агрономия и метеорология.

Методы зондирования могут быть **пассивные**, то есть использующие естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью, и **активные** – использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия [1].

Примером пассивного дистанционного зондирования является цифровая фотография, где применяются камеры, использующие ПЗС- или КМОП-матрицы. Для получения качественных снимков с высоким разрешением для камер разрабатываются объективы высокого качества. Зеркальные объективы позволяют получать изображения с более высоким разрешением благодаря особенностям их конструкции, которая позволяет собирать больше света и уменьшить оптические aberrации. Формула разрешающей способности Рэля показывает, что с увеличением диаметра апертуры D и с уменьшением длины волны λ , угловая разрешающая способность θ растет:

$$\theta \approx 1,22\lambda/D. \quad (1)$$

Направлениями развития в данной сфере в настоящее время можно считать совершенствование матриц, систем фокусировки и стабилизации, а также *оптических систем*. Для получения максимума информации из снимков, аппаратура делает снимки в различных диапазонах длин волн (включая ИК-диапазон) и имеет монохроматические и полихроматические каналы. С целью повышения качества снимков были разработаны множество конструкций зеркальных объективов – двухзеркальные объективы, трехзеркальные анастигматы (система Корша), а также катадиоптрические объективы, представителем которых является система типа Ричи-Кретьен с линзовым корректором полевых aberrаций. Последняя позволяет добиться высокого качества изображения по всему полю зрения за счет введения дополнительной системы из линз (рис. 1).

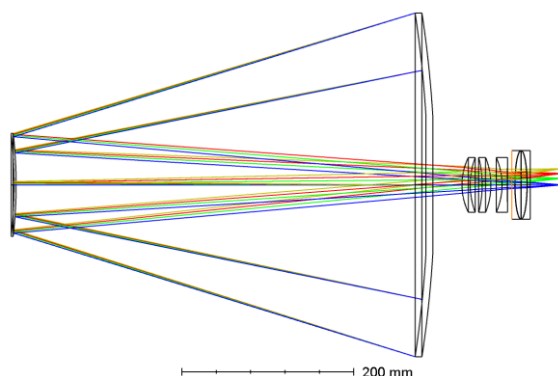


Рис. 1. Зеркально-линзовый объектив

Литература

1. Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дистанционное_зондирование_Земли. – Дата доступа: 02.03.2024.

КОНТРОЛЬ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОНОКУЛЯРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Магистрант Белохвостик Е. В.¹,

инженер-исследователь 1 категории УП «НТЦ «ЛЭМТ» Жук М. А.²

Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.¹

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²УП «НТЦ «ЛЭМТ», Минск, Беларусь

Монокуляр ночного видения относится к приборам ночного видения (ПНВ) и предназначен для ориентации на местности. Он состоит из объектива, электронно-оптического преобразователя (ЭОП) и окуляра.

Важной характеристикой ПНВ является его разрешающая способность (разрешающая способность объектива совместно с ЭОП), измеряемая числом штрихов, видимых раздельно на 1 мм длины фотокатода.

Измерения проводят в затемненном помещении на измерительной установке (рис. 1), в состав которой входит коллиматор, светодиодный осветитель с рассеивателем и светофильтром НС-10, штриховая мира.

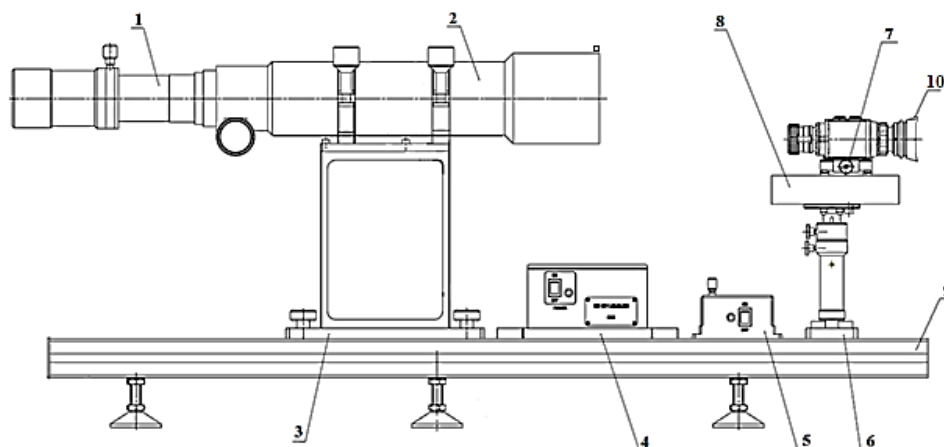


Рис. 1. Стенд для проверки разрешения монокуляра: 1 – осветитель; 2 – коллиматор; 3 – пластина; 4 – блок питания; 5 – пульт; 6 – столик; 7 – кронштейн в сборе; 8 – многоосная наклонная платформа; 9 – основание; 10 – монокуляр

Контролируемый ПНВ устанавливают на столике платформы 8 с помощью кронштейна 7 перед объективом коллиматора 2, выставленного на бесконечность. Включают монокуляр, переводя переключатель из положения «0» в положение «1», соответствующее включенному ЭОП-у. Подвижками столика добиваются того, чтобы изображение миры коллиматора находилось в центре поля зрения прибора. Далее вращением кольца фокусировки объектива и кольца диоптрийной настройки окуляра добиваются резкого изображения элементов штриховой миры абсолютного контраста.

Для оценки разрешающей способности монокуляра, необходимо диоптрийную трубку (на рис. 1 не показана) установить за контролируемый прибор. Наблюдая в окуляр диоптрийной трубки подвижками объектива обеспечить получение четкого изображения миры. Оценить разрешающую способность по качеству изображения четырех групп штрихов заданного элемента заданной миры при оптимальной для глаза освещенности миры.

УДК 535.012

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО КРИСТАЛЛА Nd:La₂Be₂O₅

Аспирант Герцова А. В.¹

Д-р физ.-мат. наук, профессор Юмашев К. В.¹, кандидат техн. наук, доцент Трусова Е. Е.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

Кристалл бериллата лантана La₂Be₂O₅, активированный ионами редкоземельных элементов (Nd, Tm, Ho, Ce) находит применение в качестве высокоэффективных активных лазерных сред и быстрых неорганических сцинтилляторов. Одним из важных параметров таких материалов является температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР). В настоящей работе исследуется анизотропия ТКЛР кристалла Nd³⁺:La₂Be₂O₅, который является моноклинным (пространственная группа C2/c).

Для измерения ТКЛР использовался образец из кристалла Nd³⁺:La₂Be₂O₅ в форме прямоугольного параллелепипеда размером 11,4×9,7×8,0 мм³. Ребра параллелепипеда были параллельны (с точностью около 2') кристаллографическим осям *c* (11,4 мм), *b* (9,7 мм) и *a** (8,0 мм). Направление *a** перпендикулярно плоскости, в которой лежат оси *b* и *c*. Ориентация образца достигалась путем определения направлений кристаллографических осей с помощью дифракции рентгеновских лучей в геометрии обратного рассеяния Лауэ (с точностью 0,4°). Содержание неодима в кристалле составляло 4,5 ат. %.

ТКЛР α_c , α_b , and α_{a^*} получены на основе зависимости изменения длины образца от температуры (температурного расширения, $\Delta L/L_{298K}$). Измерения $\Delta L/L_{298K}$ выполнены с помощью горизонтального дилатометра Netzsch DIL 402 PC в диапазоне температур 298–950 К. Погрешность в определении ТКЛР составила $\sim 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

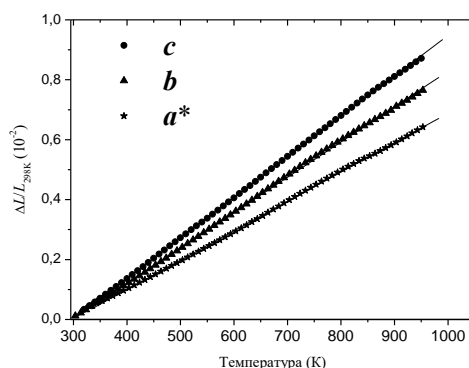


Рис. 1. Температурное расширение $\Delta L/L_{298K}$ вдоль направлений *c*, *b* и *a** кристалла Nd³⁺:La₂Be₂O₅. Символы – экспериментальные данные, прямые – аппроксимация экспериментальных

На рис. 1 показано температурное расширение $\Delta L/L_{298K}$ кристалла Nd³⁺:La₂Be₂O₅ вдоль осей *c*, *b* и *a**. ТКЛР определялись по наклону линейной зависимости, описывающей изменение $\Delta L/L_{298K}$ с температурой, по формуле $\alpha_l = \Delta L/L_{298K}/(T - 298)$. Полученные значения $\alpha_c = 13,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_b = 11,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_{a^*} = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ качественно согласуются с ранее полученными данными, хотя количественно несколько превышают их: $\alpha_c = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и $\alpha_b = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [1]. Среднее значение ТКЛР $(\alpha_c + \alpha_b + \alpha_{a^*})/3$ составляет $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. В качестве меры анизотропии термического расширения кристалла Nd³⁺:La₂Be₂O₅ можно выбрать отношения $\alpha_c/\alpha_b = 1,14$, $\alpha_c/\alpha_{a^*} = 1,38$ и $\alpha_b/\alpha_{a^*} = 1,20$. Для сравнения, величина α_c/α_b для некоторых моноклинных кристаллов составляет 8,14 (KGdW) [2], 9,37 (KYW) [2], 8,09 (KYbW) [2], 1,56 (CYBO) [3], 1,72 (CGdBO) [4].

Литература

1. Rapoport, W. R. Laser And Laser Related Characteristics Of Nd: BEL / W. R. Rapoport, T. Chin // High Power and Solid State Lasers II. – SPIE, 1989. – Vol. 1040. – P. 19–31.
2. Linear thermal expansion tensor in KRE (WO₄)₂ (RE= Gd, Y, Er, Yb) monoclinic crystals / M. C. Pujol [et al.] // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd, 2001. – Vol. 378. – P. 710–717.

3. Thermal and nonlinear optical properties of $\text{Ca}_4\text{YO}(\text{BO}_3)_3$ / J. Luo [et al.] // Crystal Research and Technology: Journal of Experimental and Industrial Crystallography. – 2001. – Vol. 36, № 11. – P. 1215–1221.

4. Structural and thermal stability of Czochralski grown GdCOB oxoborate single crystals / F. Mougel [et al.] // Journal of Materials Chemistry. – 1998. – Vol. 8, № 7. – P. 1619–1623.

УДК 681.7

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧКИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Студент гр. 121111 Денисов М. О.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Изображение оптической системы можно представить в виде двух элементарных структур: точек и периодических решеток.

В идеальной оптической системе точка отображается в виде точки, однако в реальных оптических системах точка преобразуется в пятно рассеяния с неоднородной освещенностью. Зависимость распределения освещенности изображения точки описывает функция рассеивания точки (ФРТ) [1]. ФРТ является одной из основных характеристик, описывающих передачу структуры предмета оптической системой. Это означает, что, зная предмет можно представить в виде независимых точек, и зная ФРТ для каждой такой точки, изображение можно представить в виде суммы изображений каждой точки, то есть изображение сложного объекта можно представить в виде свертки этого объекта и ФРТ.

Допустим, что оптическая система не имеет дефектов изображения, то есть является безабберационной, в такой случае картина ФРТ (рис. 1) будет состоять из центрального максимума и колец.

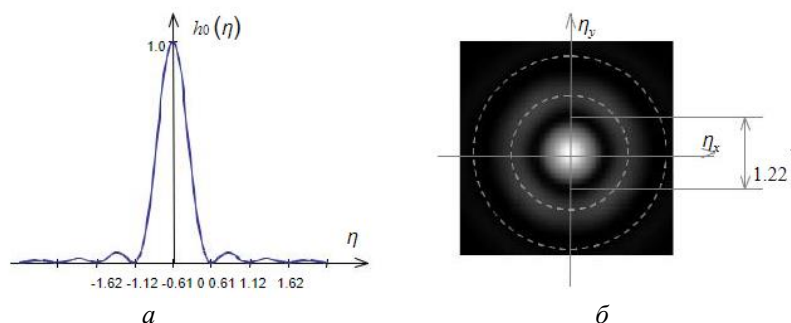


Рис. 1. Функция рассеяния точки в отсутствии aberrаций:
а – сечение; б – общий вид распределения интенсивности

ФРТ используется в критерии Релея для предельной разрешающей способности. Критерий гласит, что при провале в распределении интенсивности в изображении двух близких точек в 20 % точки будут восприниматься как отдельные. Для этого, центральный максимум первой точки должен находиться в первом минимуме второй точки. Критерий Релея удовлетворительно подходит изображений астрономических телескопов и спектральных приборов из-за того, что предметами для них являются близко расположенные точки или линии.

Наличие aberrаций приводит к изменению распределения интенсивности ФРТ. При малых aberrациях энергия центрального максимума ФРТ переносится в круги, при больших aberrациях картина ФРТ полностью теряет сходство с безабберационной ФРТ.

Для оценки влияния aberrаций на ФРТ используют число Штреля:

$$S_t = h/h_0, \quad (1)$$

где h_0 – количество энергии в центральном максимуме в безабберационной системе; h – количество энергии в центральном максимуме при наличии aberrаций.

Если число Штреля (1) равно 1, то оптическая система является безабберационной, если число Штреля больше или равно 0,8, то система является малоабберационной.

Литература

1. Родионов, С. А. Основы оптики / С. А. Родионов. – СПб.: СПб ГИТМО(ТУ), 2000. – 172 с.

УДК 621.3.038.825.2

ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{Er,Yb:GdMgB}_5\text{O}_{10}$

Студент гр. 11311220 Дмитров М. А., кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К. Н.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Лазеры на основе эрбий-иттербиевых материалов, излучающие в спектральном диапазоне 1,5–1,6 мкм, находят широкое применение в дальнометрии и системах оптической локации. Кристаллы $\text{Er,Yb:GdMgB}_5\text{O}_{10}$ (Er,Yb:GMBO) характеризуются спектрально-люминесцентными свойствами, удовлетворяющими требованиям для получения эффективной лазерной генерации в области 1,5 мкм [1]. Ранее было проведено исследование генерационных свойств кристаллов $\text{Er,Yb:YMgB}_5\text{O}_{10}$ (Er,Yb:YMBVO) [2]. В данной работе сообщается о реализации непрерывного режима генерации при использовании изоструктурного кристалла Er,Yb:GMBO .

Исследование генерационных характеристик кристалла Er,Yb:GMBO проводилось в близкой к микрочип конфигурации лазера (рис. 1). Для накачки использовался InGaAs лазерный диод с волоконным выводом излучения (диаметр волокна 105 мкм, числовая апертура 0,22), излучающий на длине волны около 980 нм. Излучение накачки фокусировалось в активный элемент в пятно с диаметром 120 мкм. Активный элемент из кристалла Er (2 ат. %), Yb (11 ат. %): GMBO , толщиной 1,5 мм и ориентированный для распространения излучения накачки вдоль главной оси оптической индикатрисы N_m , закреплялся на медном теплоотводе. На обе полированные грани кристалла наносились антиотражающие покрытия в спектральных областях накачки и генерации. Зависимость выходной мощности лазерной генерации от поглощенной мощности накачки приведена на рис. 2.

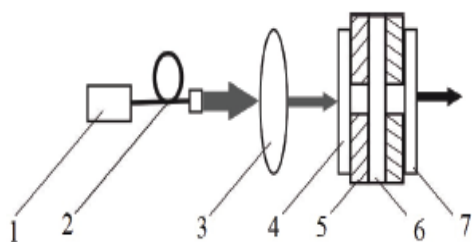


Рис. 1. Схема лазера на основе кристалла Er,Yb:GMBO : 1 – лазерный диод; 2 – волокно; 3 – фокусирующая линза; 4 – входное зеркало; 5 – медный теплоотвод; 6 – активный элемент; 7 – выходное зеркало

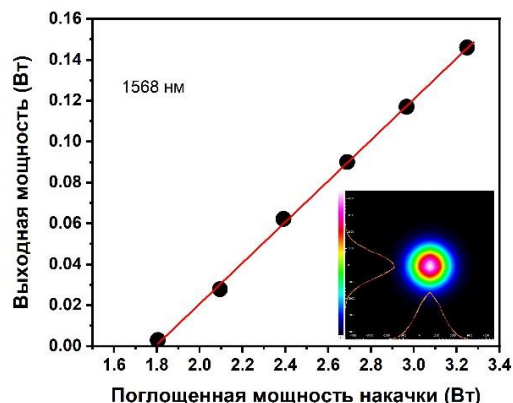


Рис. 2. Зависимость выходной мощности лазера на основе кристалла Er,Yb:GMBO от поглощенной мощности накачки

Максимальная выходная мощность была получена при использовании выходного зеркала с пропусканием 2 % и составляла 150 мВт на длине волны 1568 нм при поглощенной мощности накачки 3,3 Вт. Дифференциальная эффективность по поглощенной мощности накачки составила 11 %. Выходное излучение было линейно поляризованным ($E//N_p$). Поперечный профиль пучка лазера на основе кристалла Er,Yb:GMBO хорошо аппроксимировался функцией Гаусса, что свидетельствует о близости пространственных характеристик лазера к дифракционно-ограниченным (вставка на рис. 2).

Литература

1. Митина, Д. Д. Выращивание и характеристика кристаллов $\text{RMgB}_5\text{O}_{10}$ ($R = \text{Y, La, Gd}$) / Д. Д. Митина [и др.] / Неорганические материалы – 2020. – Том 56 (2). – С. 1–12.
2. Gorbachenya, K. N. Continuous-wave laser on Er,Yb -codoped pentaborate crystal / K. N. Gorbachenya [et al.] // Devices and Methods of Measurements – 2019. – Vol. 10, № 4. – P. 271–280.

УДК 535.312:535.016

ШИРОКОПОЛОСНОЕ АНТИОТРАЖАЮЩЕЕ КОМПОЗИТНОЕ ПОКРЫТИЕ: ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Аспирант Жукова М. Н.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Комаров Ф. Ф.,

кандидат физ.-мат. наук Людчик О. Р., Мильчанин О. В.

НИИ прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

Методика эксперимента. В настоящей работе рассмотрен метод структурирования поверхности композитного материала для создания антиотражающих покрытий посредством использования импульсного лазерного излучения. Идея заключается в формировании периодической структуры на поверхности исходного материала путем «выжигания» части материала лазерным пучком. Метод позволяет контролировать высоту и ширину канавок и в целом автоматизировать процесс структурирования поверхности материала. В качестве базового материала взят эпоксидный полимер ЭД-20 с наполнением его многостенными углеродными нанотрубками. Целесообразность использования многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) заключена в эффективных поглощающих свойствах графеноподобных структур и возможности формировать в полимере объемные поглощающие структуры [1], а также невысокой стоимости относительно одностенных УНТ.

Результаты и обсуждения. На рис. 1, *а* представлены результаты измерений коэффициента зеркального отражения в спектральном диапазоне 0,2–25 μm от композитных образцов с добавлением 4 в. % углеродных нанотрубок со структурированной поверхностью методом импульсного лазерного облучения с шагом структурирования $h = 400 \mu\text{m}$. В более развернутом масштабе на рис. 1, *б* приведены результаты измерений коэффициента отражения в диапазоне 0,2–2,5 μm .

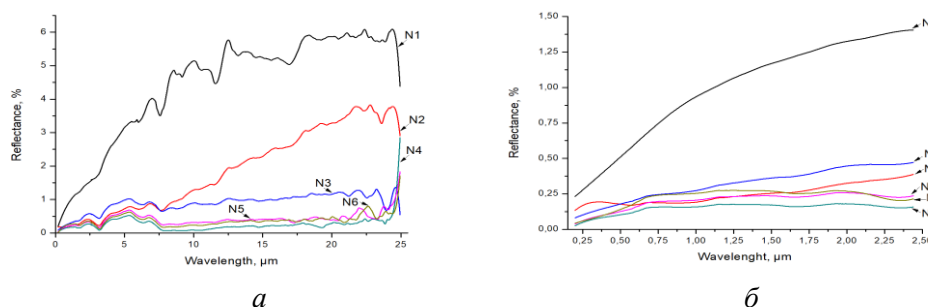


Рис. 1. Коэффициент зеркального отражения исходного полимера и композита до и после лазерной обработки поверхности в спектральном диапазоне 0,2–25 μm (*а*); в спектральном диапазоне 0,2–2,5 μm (*б*): N1 – эпоксидный полимер; N2 – композит без профилирования; N3 – композит с профилированием в виде бороздок ($E_p = 12,5 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$); N4 – композит с профилированием в виде пирамидок ($E_p = 12,5 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$); N5 – композит с профилированием в виде бороздок ($E_p = 13 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$); N6 – композит с профилированием в виде пирамидок ($E_n = 13 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$);

Таким образом, результаты настоящего исследования продемонстрировали возможность создания «безотражательных» в широком спектральном диапазоне (0,2–25 μm) поверхностей композитных материалов на основе полимеров, наполненных УНТ, путем контролируемой импульсной лазерной обработки. Важную роль здесь играет ряд факторов. В первую очередь – это формирование определенной топологии приповерхностной области образцов, обладающей коэффициентом преломления, близким к единице и обеспечивающей многократное переотражение и поглощение ЭМИ. Вместе с этим, формирование микроскопических неоднородностей и полостей на боковых стенках канавок и пирамид, а также благодаря собственным поглощающим свойствам МУНТ «Таунит-М», удастся заметно повысить эффективность использования таких структурированных материалов. Разработанные структурированные композитные материалы могут представлять интерес в качестве антиотражающих покрытий для оптических и оптоэлектронных систем космических аппаратов.

Литература

1. Atomic oxygen exposure effect on carbon nanotubes/epoxy composites for space systems / I. N. Parkhomenko [et al.] // Acta Astronautica. – 2023. – Vol. 204. – P. 124–131.

УДК 618

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЛЕНИДА ЦИНКА ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИБОРАХ СРЕДНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА СПЕКТРА

Магистрант Книга И. В.^{1,2}Д-р физ.-мат. наук, профессор Маляревич А. М.²¹ОАО «Пеленг», Минск, Беларусь²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современном мире все больше возрастает роль научно-технического прогресса. Очень важное место в нем занимает оптико-электронное приборостроение. Оптико-электронными приборами называют приборы, в которых обработка информации об объекте сопровождается преобразованием световой энергии, излученной или отраженной объектом, в электрическую.

Селенид цинка, ZnSe – прямозонный полупроводник, твердый материал светло-желтого цвета. В виде монокристаллов ZnSe используют для изготовления оптических окон, линз, призм и зеркал, в частности, для оптико-электронной и лазерной техники инфракрасного (ИК) спектрального диапазона. Преимущество ZnSe перед другими ИК-материалами заключается, прежде всего, в том, что этот материал прозрачен и в видимом диапазоне. Это облегчает юстировку приборов с применением оптических элементов из селенида цинка в видимом диапазоне длин волн (например, 632 нм). Необходимо отметить, что вследствие высокого показателя преломления ZnSe поверхности, через которые распространяется оптическое излучение требуют нанесения просветляющего покрытия.

По указанной выше причине для облегчения юстировки и уменьшения стоимости прибора предлагается заменить некоторые оптические компоненты из германия, Ge на компоненты из ZnSe. ИК-устройства широко применяются как в гражданских, так и в специальных устройствах. Спрос на приборы инфракрасного спектрального диапазона со стороны оборонного сектора составляет около 70 % от общего спроса на данные устройства. Среди этих применений: авиационные, морские, наземные системы слежения ближнего и среднего ИК-диапазона, в т. ч. тепловизионные. В настоящее время в них используются только оптические элементы из германия.

На рисунке представлена оптическая схема тепловизора. На данной стадии модернизации разработки предлагается изготавливать компонент оптической схемы «1» (линза) из ZnSe вместо оптики из Ge, так как проходя ряд отражений через линзу и другие оптические элементы тепловизора из германия (вследствие того, что Ge не прозрачен в видимом и широкой области ближнего ИК диапазона) теряется часть изображения.

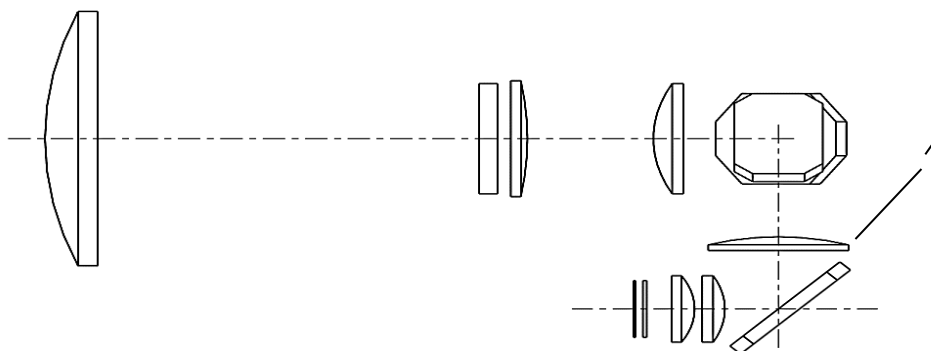


Рис. 1. Оптическая схема тепловизора

В заключение следует отметить, что полностью отказаться от германиевой оптики в силу ее оптических, теплофизических и механических характеристик в настоящее время невозможно, но частично заменяя ее на оптику из селенида цинка можно создавать более экономичные (дешевые) приборы, с требуемыми потребительскими параметрами.

УДК 621.3.038.825.2

КРИСТАЛЛ ИТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО БОРАТА С ИОНАМИ Yb^{3+} КАК АКТИВНАЯ СРЕДА СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Аспирант Лазарчук А. И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К. Н.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кристаллы $\text{Yb}:\text{YAB}$ со структурой хантита показали себя как наиболее перспективные из боратной группы для применения в качестве активных сред фемтосекундных лазеров спектрального диапазона около 1 мкм [1; 2]. В данной работе кристалл $\text{Yb}:\text{YAB}$ рассматривается как активная среда систем усиления ультракоротких лазерных импульсов.

На рис. 1 показана схема экспериментальной установки для исследования регенеративного усиления chirпированных фемтосекундных УКИ. Затравочные лазерные импульсы излучения от задающего генератора, с частотой следования десятки-сотни МГц, направляются в частотный селектор, построенный на электрооптической ячейке на кристалле ВВО. Селектор обеспечивает снижение частоты цуга лазерных импульсов до единиц-сотен кГц (1–200 кГц) для дальнейшего усиления. Цуг импульсов со сниженной частотой направляется в стретчер. Стретчер обеспечивает положительную ДГС для увеличения длительности фемтосекундных импульсов (100–200 фс) на три порядка до 100–150 пс и пропорциональным снижением их пиковой мощности.

Для экспериментов использовались кристаллы, вырезанные вдоль оптической оси c . Толщина активного элемента вдоль оптической оси резонатора составляла 1,5 мм, концентрация ионов иттербия в кристалле, используемом в лазерных экспериментах, составляла $5,8 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ (10 ат. %). Экспериментальные зависимости энергии импульса и средней выходной мощности регенеративного усилителя от частоты следования импульсов приведены на рис. 2.

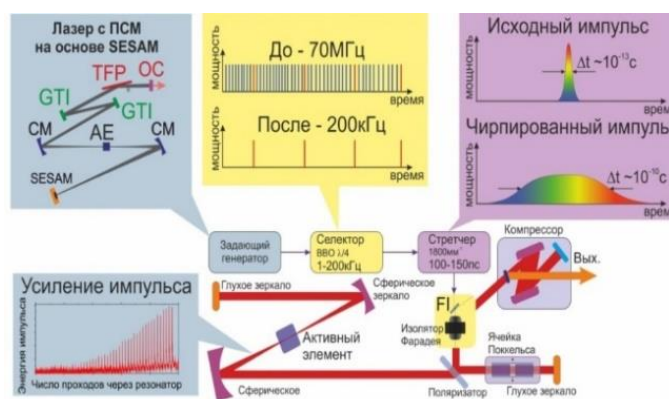


Рис. 1. Схема экспериментальной установки регенеративного усиления chirпированных лазерных импульсов

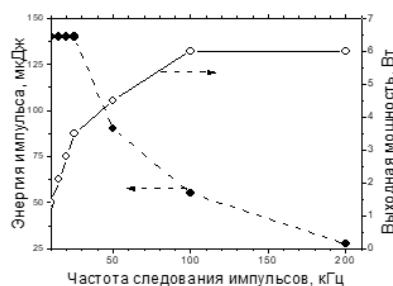


Рис. 2. Зависимости энергии и средней выходной мощности регенеративного усилителя от частоты следования импульсов

Максимальная энергия усиленных импульсов составила 135 мкДж. При увеличении числа проходов усиливаемого УКИ через резонатор с 38 до 88 происходил рост средней выходной мощности с 1,95 Вт до 6,0 Вт, при этом, длительность усиленных импульсов увеличивалась с 581 фс до 695 фс.

Литература

1. Wang, P. Highly efficient diode-pumped ytterbium-doped yttrium aluminum borate laser / P. Wang, J. Dawes, P. Dekker, J. Piper // Optics Communications. – 2000. – Vol. 174, № 5, 6. – P. 467–470.
2. Song, Y. / Polarized operation of Yb:YAl₃(BO₃)₄ CW and mode-locked lasers / Y. Song, Q. Wang // Proceedings SPIE. – Bellingham, 2004. – Vol. 5460. – P. 51–55.

УДК 621.3.038.825.2

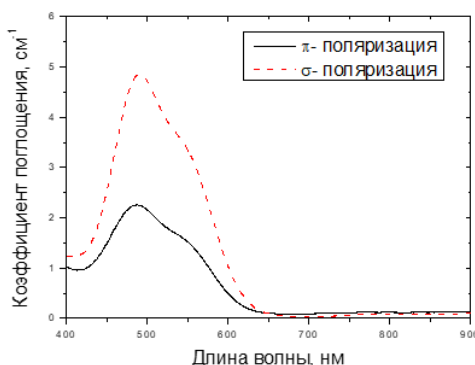
НЕПРЕРЫВНЫЙ ЛАЗЕР НА КРИСТАЛЛЕ КОРРУНДА С ТИТАНОМ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

Аспирант Лазарчук А. И., студент гр. 11311122 Шишко Т. А.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кристаллы Al₂O₃:Ti³⁺ представляют значительный интерес для использования в качестве активных сред лазерных систем ультракоротких импульсов и с перестройкой длины волны в широком спектральном диапазоне. Использование в качестве источников накачки для данных кристаллов дорогостоящих лазерных систем с удвоением частоты излучения значительно ограничивает круг возможных применений. Развитие и разработка лазерных диодов на основе нитридных структур InGaN, излучающих в сине-зеленой области, совпадающей с паласами поглощения кристаллов Al₂O₃:Ti³⁺ (рис. 1) значительно стимулировало интерес для разработки лазерных систем с диодной накачкой. Использование лазерных диодов в качестве источников накачки позволило также существенно увеличить эффективность лазера. В данной работе представлены результаты предварительных экспериментов по получению лазерной генерации на кристалле Al₂O₃:Ti³⁺ при накачке лазерным диодом с длиной волны 444 нм.

Рис. 1. Спектр поглощения концентрированного кристалла Ti³⁺:Al₂O₃

Для увеличения эффективности поглощения излучения накачки использовались наиболее концентрированные кристаллы. В качестве активных элементов изготавливались плоскопараллельные пластинки апертурой 4×4 мм² и толщиной 2,7 мм, что обеспечивало эффективное модовое перекрытие излучения накачки и моды резонатора в активном элементе и поглощение около 50 % излучения с длиной волны 444 нм. На полированные рабочие поверхности кристалла нанесли антиотражающие покрытия на длину волны накачки и на область генерации 700–950 нм.

Порог лазерной генерации наблюдался при падающей мощности накачки около 2 Вт, что связано с достаточно низким поглощением, а максимальная выходная мощность составила около 100 мВт. При долговременной работе лазерного излучателя, в течение 15–20 минут после включения, наблюдалось практически двухкратное падение выходной мощности, что связано с образованием центров окраски в кристалле Al₂O₃:Ti³⁺, увеличивающих потери в активном элементе. Это обусловлено использованием в качестве источника накачки лазерного диода с длиной волны 444 нм и должно быть устранено при накачке источником излучения с длиной волны более 490 нм, однако свидетельствует о достаточно высоком оптическом качестве выращенных кристаллов Al₂O₃:Ti³⁺ и возможности создания на их основе лазерных систем с прямой диодной накачкой.

УДК 621.373.826

НЕПРЕРЫВНЫЙ ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{Yb}:\text{Gd}_{1,615}\text{Y}_{0,385}\text{SiO}_5$ С НАКАЧКОЙ ОДНОМОДОВЫМ ЛАЗЕРНЫМ ДИОДОМ

Аспирант Лазарчук А. И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Ясюкевич А. С., вед. инженер Гоман В. И.,

д-р физ.-мат. наук, профессор Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Появление мощных лазерных диодов InGaAs привлекло внимание к исследованию лазерных кристаллов, легированных ионами Yb^{3+} для различных типов лазеров, излучающих в спектральном диапазоне около 1 мкм. Основными достоинствами кристаллов с ионами Yb^{3+} являются простая двухуровневая электронная энергетическая структура, что приводит к отсутствию потерь на поглощение из возбужденного состояния, апконверсию, кросс-релаксацию и другие концентрационные эффекты, низкая разница в энергиях квантов накачки и генерации, что обеспечивает существенно меньшее тепловыделение в активной лазерной среде, широкая полоса усиления, позволяющая перестраивать длину волны генерации излучения и генерацию импульсов ультракороткой длительности.

В работе проведено исследование спектроскопических и генерационных характеристик нового кристалла Yb^{3+} (5 ат. %): $\text{Gd}_{1,615}\text{Y}_{0,385}\text{SiO}_5$. Измерены поляризованные спектры поглощения и люминесценции кристалла $\text{Yb}:\text{Gd}_{1,615}\text{Y}_{0,385}\text{SiO}_5$. Оценено радиационное время жизни верхнего лазерного состояния $^2\text{F}_{5/2}$ ионов Yb^{3+} . Рассчитаны спектры поперечных сечений поглощения и вынужденного излучения. Исследованы режимы непрерывной генерации.

В спектрах поглощения наиболее интенсивная полоса поглощения наблюдается для поляризации E//Nm. Коэффициент поглощения в этом случае составляет $13,5 \text{ см}^{-1}$ на длине волны 975,8 нм с шириной на полувысоте около 4,4 нм. В спектрах поперечных сечений СИ наблюдаются несколько пиков на длинах волн 976, 1 010, 1 030, 1 048 и 1 089 нм. Измеренные времена затухания люминесценции ионов Yb^{3+} в кристалле $\text{Gd}_{1,615}\text{Y}_{0,385}\text{SiO}_5$ составляет около 0,885 мс.

Для исследования режима непрерывной генерации был собран четырехзеркальный резонатор. В работе проведены исследования генерационных характеристик кристалла для поляризации излучения параллельной оси оптической индикатрисы Ng.

На рис. 1 показаны зависимости выходной мощности от поглощенной мощности накачки для E//Ng поляризации излучения в активной среде при пропускании выходных зеркал 1,5, 3,5, 5,7 %. Наибольшее значение выходной мощности 339 мВт на длине волны 1088,8 нм было получено при пропускании выходного зеркала 5,7 %. Дифференциальная эффективность достигала 75,1 %.

Также была исследована возможность перестройки длины волны генерации лазера. Для этого в резонатор была установлена призма. Перестроечная кривая лазера показана на рис. 2. Диапазон перестройки при пропускании выходного зеркала 1,5 % составлял 104 нм (1 010–1 114 нм). Возможность генерации длины волны менее 1 010 нм ограничена зеркалами резонатора.

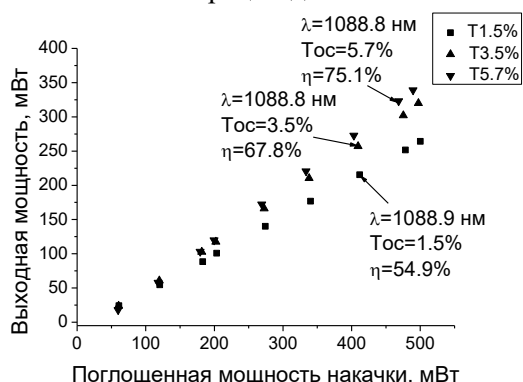


Рис. 1. Выходные характеристики лазера на кристалле $\text{Yb}:\text{Gd}_{1,615}\text{Y}_{0,385}\text{SiO}_5$

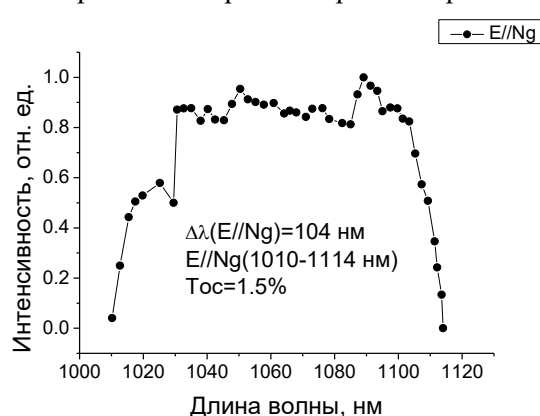


Рис. 2. Кривая перестройки $\text{Yb}:\text{Gd}_{1,615}\text{Y}_{0,385}\text{SiO}_5$ лазера

УДК 681

УСТРОЙСТВО СИМУЛЯЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ

Студент гр. 11311120 Лебедева О. В.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Приборы прямого и обратного рассеяния измеряют ослабление светового потока, связанное с его рассеянием, то есть они измеряют рассеянный свет в некотором исследуемом объеме воздуха.

Контроль дальности видимости в атмосфере для целей метеорологического обеспечения авионавигации, метеорологических станций, водителей и других осуществляется с помощью трансмиссометров (работает на принципе обратного рассеяния) и нефелометров (прибор прямого рассеяния).

Точность измерения МОД приборами прямого рассеяния ниже, чем точность измерения МОД трансмиссометрами. Основными источниками ошибок при измерении МОД приборами прямого рассеяния являются:

- 1) небольшой объем исследуемого воздуха: он примерно на два порядка меньше объема воздуха, исследуемого трансмиссометрами;
- 2) неоднозначность значений измерительных сигналов (ρ) при осадках и в тумане (дымке) при одних и тех же значениях МОД;
- 3) отсутствие возможности калибровки по трансмиссометру в рабочих условиях эксплуатации.

Последний пункт можно устранить использованием устройства симуляции метеорологической оптической дальности (далее УСМОД), с помощью которого предлагается калибровать нефелометр.

УСМОД предназначено для моделирования и измерения воздействия атмосферных условий (как метеорологических, так и оптических) на распространение света через атмосферу. Устройство позволяет создавать условия, аналогичные различным атмосферным ситуациям, таким как туман, дождь, снег, мгла и другие.

Принцип работы устройства симуляции метеорологической оптической дальности основан на использовании нефелометра и моделировании различных метеорологических условий с помощью волоконного световода.

Источник света испускает параллельный пучок света, который проходит через коллиматор и попадает на модельную среду в образцовой камере. В модельной среде создается рассеяние при прохождении через волоконный световод, который имитируют атмосферные частицы, такие как аэрозоли или дождевые капли. Рассеянный свет затем попадает на фотодетектор, который измеряет его интенсивность. В зависимости от метеорологических условий, интенсивность рассеянного света будет различной. Сигнал от фотодетектора передается в систему обработки сигнала, где происходит анализ и расчет оптической дальности на основе измеренной интенсивности рассеянного света.

Литература

1. Метеорологическое оборудование аэродромов и его эксплуатация: Монография / Н. В. Бочарников [и др.]. – Гидрометеиздат, 2003. – 156 с.

УДК 621.785.6:544.032.65:621.3.038.615

МОДУЛЬ АВТОФОКУСИРОВКИ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Магистрант Луцкович З. М., Лапковский А. С.

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Модуль автофокусировки для лазерной закалки крупногабаритных изделий относится к вспомогательным приборам, для регулировки расстояния между фокусирующей головкой и поверхностью обрабатываемого материала. Модуль позволяет в автоматическом режиме точно корректировать фокусное расстояние F -Theta объектива, что позволяет достичь максимально эффективной закалки лазерным излучением поверхности металлов. Конструкция состоит из лазерного датчика расстояния (промышленный дальномер), блока управления и блока перемещения фокусирующей оптики. Лазерный датчик измерения расстояния крепится к модулю фокусировки и передает полученные значения с нескольких точек на блок управления. Блок управления обрабатывает полученные данные и отправляет команду на контроллер, осуществляющий вертикальное перемещение фокусирующего блока по реечной передаче с приводом от шагового двигателя и обеспечивающие изменение диаметра лазерного пучка на обрабатываемой поверхности. Для повышения точности измерений программным обеспечением осуществляется вычисление усредненного значения фокусного расстояния по результатам измерений в нескольких точках поверхности.

К основным параметрам импульсной лазерной закалки относятся энергия в импульсе W , Дж, диаметр лазерного пучка $d_{\text{п}}$, мм, и длительность импульса τ , мс. Иногда в качестве энергетических характеристик лазеров используют такие величины, как мощность в импульсе:

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{и}} \tau f_i,$$

где f_i – частота следования импульсов, Гц.

При условии, что энергия распределяется по пятну равномерно, параметры можно объединить:

$$E = \frac{W_{\text{и}}}{S_n} \tau_i = \frac{P_{\text{и}}}{S},$$

где S_n – площадь лазерного пятна, см^2 ; E – плотность мощности, $\text{Вт}/\text{см}^2$.

Принципиальная технологическая схема лазерной закалки приведена на рис. 1.

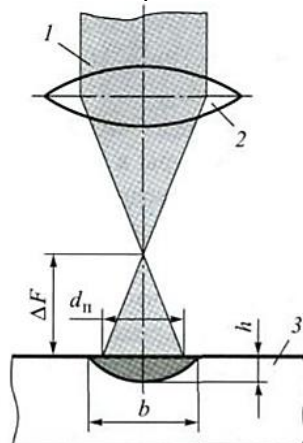


Рис. 1. Схема с основными выходными параметрами установки для лазерного упрочнения

Лазерное упрочнение необходимо производить в расходящемся пучке, т. к. это позволяет достичь оптимального качества термоупрочнения. При этом необходимый диаметр пятна $d_{\text{п}}$ подбирают изменением расфокусировки ΔF . Наш модуль будет поддерживать оптимальное значение ΔF в зоне обработки, чтобы гарантировать качественный результат лазерного упрочнения и получать равные зоны упрочнения, которые характеризуются глубиной h и шириной b сегмента.

УДК 681.7.015.2+537.317

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ С ВНУТРЕННЕЙ ФОКУСИРОВКОЙ

Студент гр. 11311121 Мамай Е. Ю.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современных геодезических приборах широкое распространение получили зрительные трубы с внутренней фокусировкой [1]. Особенностью этих труб является то, что при изменении расстояния до наблюдаемого предмета длина трубы (расстояние от передней поверхности объектива до сетки) остается неизменным. Их разделяют на трубы с двумя компонентами (дуплеты), с тремя компонентами (триплеты) и с четырьмя компонентами (квадруплеты).

Фокусировка на различные расстояния осуществляется перемещением второго компонента в сторону окуляра (рис. 1), при этом изменяется эквивалентное фокусное расстояние объектива, которое определяется по формуле [2]:

$$f'_{об} = \frac{f'_1 \cdot f'_2}{f'_1 + f'_2 - d_0} \quad (1)$$

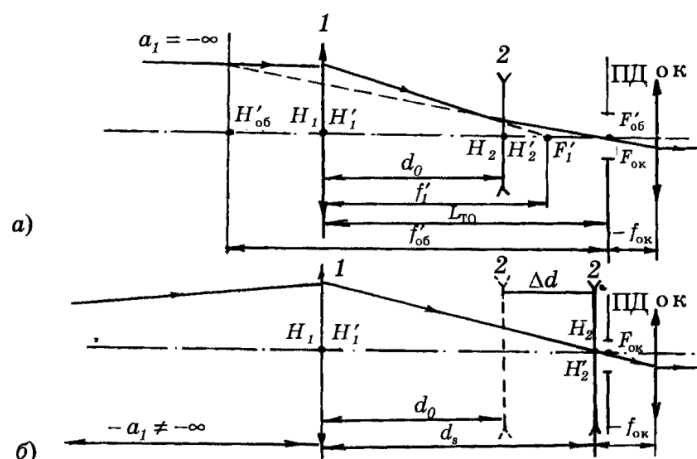


Рис. 1. К определению перемещения второго компонента при перефокусировке:

а – предмет расположен в бесконечности;

б – предмет расположен на конечном расстоянии

Особенностью расчета зрительной трубы с внутренней фокусировкой является то, что в объективе трубы в качестве фокусирующего элемента 2 используется отрицательный компонент.

Перемещение фокусирующей линзы вычисляется по формуле [3]:

$$d_s = 0,5[(L_{то} + a'_1) \pm \sqrt{(a'_1 - L_{то})(a'_1 - L_{то} + 4f'_2)}], \quad (2)$$

где отрезок a'_1 определяется по формуле Гаусса при заданном расстоянии визирования a_1 : $a'_1 = \frac{a_1 \cdot f'_1}{a_1 + f'_1}$; f'_1 и f'_2 – фокусные расстояния первого и второго компонентов объективов зрительной трубы.

Литература

1. Запрягаева, Л. А. Расчет и проектирование оптических систем: Учебник для вузов / Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. – М.: Логос, 2000. – 584 с.
2. Артюхина, Н. К. Теория и расчет оптических систем: Учебник / Н. К. Артюхина. – Мн.: Изд-во «Техническая литература», БНТУ, 2020. – 264 с.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРИЦЕЛ НАВОДЧИКА

Студентка гр. 11311120 Махнач А. В.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Прицельный комплекс совместно с оборудованием объекта применения обеспечивает возможность эффективного обнаружения, распознавания целей и измерения дальности днем и ночью, в сложных погодных условиях, при движении и с места, а также независимый панорамный обзор с места командира с дополнительной возможностью по управлению вооружением и измерению дальности.

Прицел наводчика служит для выполнения следующих задач:

- обзора местности, опознавания и выбора цели, обеспечения прицельной стрельбы;
- обеспечение стабилизированного в двух плоскостях наведения и удержания прицельной марки на цели по сигналам с пульта управления;
- измерения дальности до цели лазерным дальномером;
- формирования управляемых и информационных сигналов для обеспечения совместной работы с аппаратурой комплекса вооружения.

Конструктивно комбинированного прицела наводчика состоит из блока визирно-дальномерного, оптического канала с двумя полями зрения, тепловизионного канала с тремя полями зрения и канала лазерного дальномера.

Блок визирно-дальномерный предназначен для наблюдения за местностью, лазерного дальнометрирования, создания поля управления ракеты, обеспечения режимов выверки параллельности оптических осей тепловизионного, дальномерного и информационного относительно визирного канала, а также оперативного встроенного контроля.

Конструктивно блок визирно-дальномерный представляет собой литой корпус, в котором установлены оптические компоненты рабочих каналов, оптические компоненты систем выверки основных каналов изделия с механизмами и приводами перемещения оптических компонентов в процессе работы.

Оптическая схема комбинированного прицела наводчика состоит из следующих систем: системы визирования (оптический канал), которая предназначена для построения и рассматривания изображения местности в дневных условиях с различными увеличениями; тепловизионной системы (тепловизионный канал), который предназначен для построения и рассматривания изображения местности в ночных условиях с различными увеличениями; системы формирования поля управления (лазерный канал управления); системы излучателя и системы приемного канала дальномера (канал лазерного дальномера).

Система визирования предназначена для построения и рассматривания изображения местности в дневных условиях с увеличениями $4\times$ и $12\times$.

Тепловизионная система (тепловизионный канал) служит для построения и рассматривания тепловизионного изображения местности с различными увеличениями.

Систем выверки производит контроль положения оси дальномерного канала, оси линии нулевых команд поля управления и оси тепловизионного канала относительно оси прицеливания системы визирования, а также оперативного встроенного контроля выверки каналов относительно ствола пушки.

С помощью системы визирования выполняется обзор местности, обнаружения и опознавания целей и прицеливания в дневных условиях. Изображение местности формируется оптической системой в фокальной плоскости объектива.

Тепловизионная система предназначена для обзора местности, обнаружения и опознавания целей и прицеливания с различными увеличениями в любых условиях.

Приемный канал дальномера включает в себя объектив, который формирует изображение части местности, освещенной излучением дальномера в своей фокальной плоскости. Это изображение посредством призмного блока переносится в плоскость чувствительной площадки фотоприемного устройства.

УДК 535.8 :621

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Студент гр. 11311220 Миронович Д. В.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Оптико-электронные приборы специального назначения – это многоканальные приборы, которые должны обеспечивать сравнительно высокую дальность обнаружения и последующего распознавания объекта наблюдения, что реализуемо при наличии в конструкции прибора широкопольного с небольшим увеличением и узкопольного с существенным увеличением каналов. Эти приборы призваны обеспечивать возможность работать круглосуточно при любых условиях и при воздействии разнообразных внешних помех, и их конструкция должна содержать узел для автоматического регулирования режимов работы всех имеющихся каналов, в частности положения визирных осей оптических систем каналов и их углов поля зрения вместе с масштабom изображения и его качеством.

Конструктивно современные оптико-электронные приборы специального назначения включают в себя такие каналы, как тепловизионный, телевизионный, лазерный дальномер, а также каналы дневного и ночного видения и другие. Работа этих каналов построена таким образом, что недостатки информации одних каналов дополняются достоинствами других. В результате появляется возможность получить достаточно информации при различных внешних условиях, в том числе при невысокой освещенности и световых помехах.

Оптико-электронные приборы специального назначения бывают комплексированные, комбинированные и интегрированные. Первые из них содержат не менее двух каналов, причем эти каналы функционируют в различной области длин волн оптического спектра. Оптическая система комплексированных оптико-электронных приборов специального назначения построена таким образом, что ее рабочие каналы используют один или несколько объективов, причем эти каналы функционируют совместно и полученная от них информация поступает на один общий дисплей.

Комбинированные оптико-электронные приборы специального назначения отличаются от комплексированных тем, что оптическая система их каналов имеет общую визирную ось, причем каналы расположены в едином корпусе и они могут работать независимо друг от друга, направляя информацию об объекте наблюдения на один дисплей.

В конструкции интегрированных оптико-электронных приборов специального назначения предусмотрена возможность получать комплексное изображение объекта наблюдения, которое представляет собой сочетание наиболее информативных сигналов со всех имеющихся в конструкции прибора каналов. Причем все это может происходить в реальном масштабе времени, что создает предпосылки для возможного использования интегрированных оптико-электронных приборов в одном из элементов устройств искусственного интеллекта.

Поле зрения в современных оптико-электронных приборах специального назначения стабилизировано в двух плоскостях. Это поле канала обнаружения составляет 12° при увеличении $4\times$ и 4° при увеличении $12\times$ для канала распознавания.

Работа лазерного канала управления основана на использовании волоконного лазера, функционирующего в инфракрасной области спектра. В этом канале имеются также блок модулятора и оптический узел ввода излучения в основной оптический канал прибора, а для предохранения его приемного канала от попадания в него прямого излучения предусмотрена шторка специальной конструкции с приводом ее автоматического переключения на основе шагового электродвигателя.

Работа лазерного дальномера прибора основана на определении времени прохождения лазерного излучения до объекта наблюдения и обратно. При этом лазерный импульс направляется на объект наблюдения формирующей оптической системой, а отраженный от объекта наблюдения световой импульс поступает на фоточувствительный элемент оптической системой приемного канала дальномера, сопряженного с блоком цифровой обработки сигнала.

УДК 540.7.17

ОПТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МИКРО-КЛАССА

Студент гр. 11311120 Побожный А. А.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время активно развиваются области науки и техники, связанные с космическим приборостроением. К оптике телескопов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предъявляются требования: высокое угловое разрешение, значительное фокусное расстояние, широкое поле зрения, работа в широком диапазоне температур, максимальная компактность и малый вес.

В работе представлен анализ некоторых наиболее предпочтительных вариантов таких телескопов.

Известны системы Ричи-Кретьена [1] с линзовым корректором (поле зрения до 1 градуса), линзовые объективы с широким полем зрения. Используются многозеркальные асферические системы, но они занимают значительный объем и очень дороги в изготовлении.

Известны варианты зеркально-линзовых систем с двумя зеркалами и полноапертурным корректором (Максутов-Кассегрен, Шмидт-Кассегрен). Достоинство этих схем – сферическая форма всех или большинства оптических поверхностей и относительно широкое поле зрения (до 1 градуса); но такое поле зрения недостаточно для современных приборов ДЗЗ. Другие недостатки – значительная длина этих систем и недостаточное качество изображения.

Известны варианты зеркально-линзовых систем с полноапертурным корректором (Рихтера-Слефогта, Волосова), способные обеспечить поле зрения более 3 градусов при относительном отверстии $D/f' \sim 3$. Все они состоят из главного зеркала, вторичного зеркала, двухлинзового полноапертурного корректора и линзового предфокального корректора. Недостатком таких систем является их значительная длина.

Литература

1. Русинов, М. М. Композиция оптических систем / М. М. Русинов. – М.: Книжный дом «ЛИБРКОМ», 2011. – 384 с.

УДК 62-91

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И СИНТЕЗ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ

Студент гр. 121111 Портных Н. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

В системах автоматического управления одним из основных является понятие устойчивости заданного режима. Заданным режимом может быть состояние равновесия, при котором обобщенные координаты САУ имеют заданные постоянные значения.

В данной работе рассматривается система следящего электропривода. По техническому заданию время переходного процесса должно быть не более 1 с, запасы устойчивости по амплитуде и по фазе содержатся в пределах 8–12 дБ и 20–45 град соответственно. Принципиальная схема данной системы представлена на рис. 1.

В этой схеме П1 и П2 – потенциометры, У – усилитель, Г – генератор, Д – двигатель, Р – редуктор, Н – нагрузка, $U_{П1}$ и $U_{П2}$ – напряжения на потенциометрах П1 и П2 соответственно, ΔU – разность напряжений $U_{П1}$ и $U_{П2}$, U_y – напряжение, подаваемое на генератор, ω_r – угловая скорость ротора генератора, $\omega_{дв}$ – угловая скорость двигателя, $M_{вых}$ и $\theta_{вых}$ – выходные момент и угол на выходном валу редуктора соответственно, M_n – момент нагрузки.

В результате анализа было получено, что следящая система является устойчивой. При исследовании переходного режима системы было обнаружено, что время переходного процесса ($t_{пн} = 4,02$ с), запасы устойчивости по фазе ($\Delta\varphi = 58^\circ$) и по амплитуде ($\Delta L = 18$ дБ) не соответствуют техническому заданию. Поэтому был проведен синтез системы следящего электропривода.

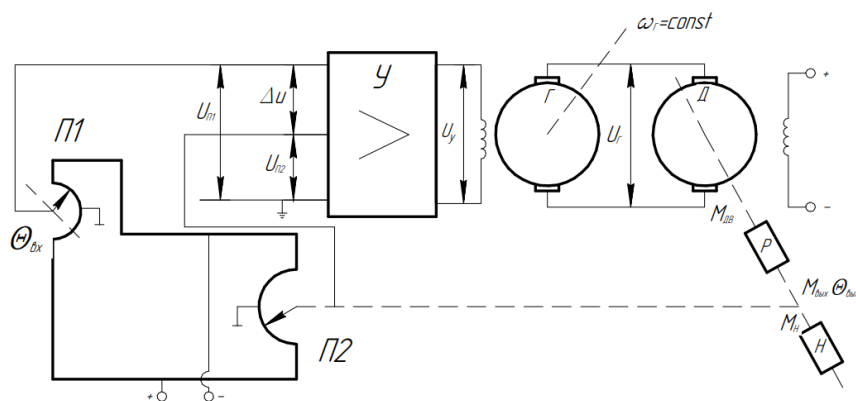


Рис. 1. Принципиальная схема системы следящего электропривода

При синтезе следящей системы был применен метод логарифмических частотных характеристик. Идея метода основана на связи между переходным процессом и ЛАЧХ. Зная желаемый вид переходного процесса, можно легко построить соответствующую такому процессу желаемую ЛАЧХ.

Коррекция располагаемой системы была проведена методом синтеза последовательно корректирующего устройства.

В результате синтеза следящей системы было получено, что время переходного процесса ($t_{\text{ин}} = 0,887$ с), запасы устойчивости по фазе ($\Delta\varphi = 42^\circ$) и по амплитуде ($\Delta L = 8$ дБ) стали соответствовать техническому заданию.

Литература

1. Родионов, В. И. Теория автоматического управления. Анализ и синтез линейных систем: учеб. Пособие / В. И. Родионов, С. В. Телухин. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 124 с.
2. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления: учебное издание / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.

УДК 546.814-31

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ ДИОКСИДА ОЛОВА НА КРЕМНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ ПЛЕНКИ МЕТАЛЛА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ДВУХСТАДИЙНЫМ ОТЖИГОМ

Роговая И. С., Мильчанин О. В.

Академик НАН Беларуси, д-р физ.-мат. наук, профессор Комаров Ф. Ф.

Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко, Минск, Беларусь

Диоксид олова (SnO_2) обладает рядом специфических и уникальных свойств, что делает этот материал пригодным для различных применений. Его часто используют для изготовления проводящих покрытий на солнечных элементах и других оптоэлектронных устройствах, поскольку он является широкозонным полупроводником, оптически прозрачным в видимом диапазоне длин волн. Газочувствительные слои SnO_2 широко используются при изготовлении датчиков контроля утечек ядовитых и горючих газов. Известно, что оптические, электрофизические и сенсорные свойства SnO_2 сильно зависят от его структурно-фазовых характеристик, что связано с условиями его формирования: тип подложки, метод осаждения, температура и среда отжига. В данной работе был использован метод лазерно-плазменного нанесения слоя олова на кремний и структуры SiO_2/Si в сочетании с последующей двухстадийной термообработкой для формирования оксидного слоя. К преимуществам лазерно-плазменного метода нанесения нанопокровов можно отнести высокую стерильность, возможность получить плазму из любого вещества, гарантированную воспроизводимость режимов при осаждении покрытий, что позволяет контролировать их состав и структуру [1].

В данной работе для воздействия на мишень использовался импульсный YAG: Nd^{3+} лазер LS-2137 фирмы Lotis – ТП (Беларусь-Япония) с длиной волны $\lambda = 1064$ нм и длительностью

импульса на полувысоте $\tau \sim 20$ нс. Частота следования лазерных импульсов составляла 5 Гц, плотность мощности воздействующего лазерного излучения на мишень составляла $3,8 \cdot 10^8$ Вт/см². Мишень была изготовлена из технического чистого олова. Отжиг проводился на воздухе в печи SNOL8.2/1100 в двух режимах: 200 °С, 120 минут + 500 °С 120 минут. Структурно-фазовые характеристики оксидного слоя олова исследовались методом просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе Hitachi H-800.

В результате исследований было установлено, что нанесенный слой олова имеет аморфную структуру, при этом наблюдается высокая степень однородности толщины по большой площади подложек. После термообработки зарегистрировано формирование нанокристаллической фазы SnO₂ для двух типов подложек: Si и SiO₂/Si. Можно отметить, что при использовании в качестве подложки пластины кремния структура пленки SnO₂ более совершенная: ограненные кристаллики со средним размером 5–10 нм (рис. 1). Детальный анализ картин электронной дифракции показал, что кристаллическая структура слоя SnO₂ соответствует тетрагональной сингонии с пространственной группой P4₂/mmn (рис. 1, в).

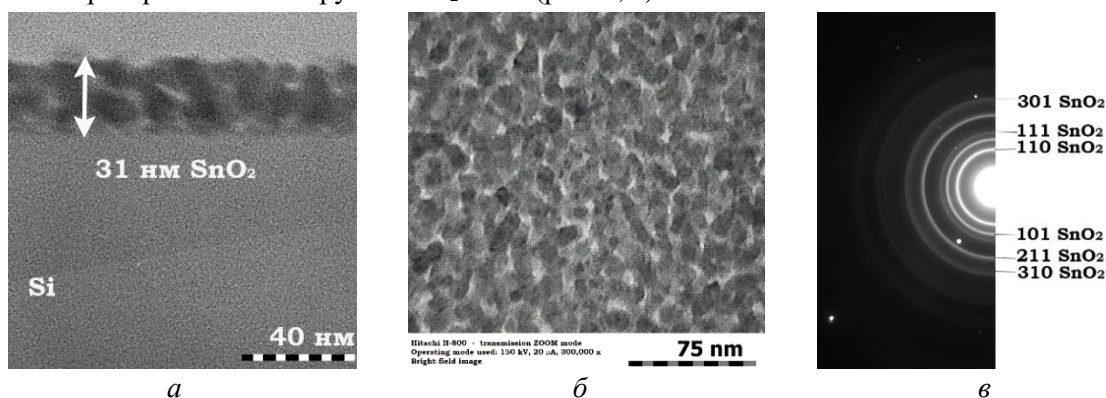


Рис. 1. ПЭМ-микрофотографии поперечного (а) и планарного (б) сечений структуры SnO₂/Si и изображение электронной дифракции от слоя SnO₂ (в)

Литература

1. Pulsed laser deposition of thin films / R. Eason [ed.]. – Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience, 2007. – 682 p.

УДК 681.7

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Студент гр. 121111 Романцева Е. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Наличие неустраняемых недостатков роторных гироскопов требует создание гироскопов с другими физическими принципами в основе их работы. Одним из таких гироскопов является кольцевой лазерный гироскоп (КЛГ).

Принцип работы КЛГ основан на эффекте Саньяка, который заключается в появлении сдвига фаз встречных электромагнитных волн. Упрощенная модель лазерного гироскопа состоит из источника излучения (квантового генератора), измерительного фотоприемника, среды распространения излучения в виде треугольника, трех непрозрачных зеркал и одного полупрозрачного зеркала (рис. 1).

Принцип работы такого гироскопа заключается в том, что источник излучения создает два противоположно направленных луча, они проходят одинаковый оптический путь в треугольном резонаторе, после чего попадают на фотоприемник. При вращении КЛГ с угловой скоростью ω (перпендикулярно плоскости основания) расстояние, проходимое одним лучом, будет отличаться от расстояния прохождения другого луча [1]. Если оба луча пришедшие от одного и

того же полупрозрачного зеркала наложить друг на друга, то по разности оптических лучей можно определить угловую скорость.

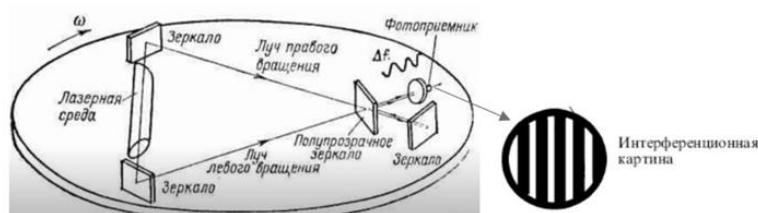


Рис. 1. Структура кольцевого лазерного гироскопа

Основным уравнением лазерного гироскопа является [1]:

$$\Delta\nu = \nu_0 \frac{2\Delta L_k}{L} = \frac{4\Omega S}{c} \nu_0 = \frac{4S}{\lambda_0 L} \Omega, \quad (1)$$

где ν_0 – частота излучения лазера; $\Delta\nu$ – разностная частота на фотодетектере; Ω – угловая скорость вращения контура; L – расстояние между отражателями; L_k – периметр резонатора; S – площадь контура; $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$.

Это выражение показывает линейную зависимость между угловой скоростью вращения лазера и частотой выходного сигнала лазерного интерферометра.

С помощью специальной оптической системы лучи совмещаются под небольшим углом и образуют интерференционную картину.

Если интенсивности лучей равны и лучи почти коллинеарны (их угол расхождения равен 2α), интерференционная картина может быть описана выражением [1]:

$$I = I_0 \left[1 + \cos \left(2\pi\Delta\nu t - \frac{4\pi\alpha x}{\lambda} + \Delta\varphi_0 \right) \right], \quad (2)$$

где $\Delta\nu$ – частота биений (частота расщепления); $\Delta\varphi_0$ – некоторый постоянный сдвиг фаз; $2\alpha = 2n\theta$; n – показатель преломления призмы; θ – отклонение угла при вершине призмы от 90° ; I_0 – интенсивность источника излучения.

Литература

1. Болотнов, С. А. Лазерные информационно-измерительные системы: учебное пособие / С. А. Болотнов, Н. М. Вереникина, А. А. Алексеиченко. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 44 с.

УДК 666.01

КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ С РАСШИРЕННЫМ ДИАПАЗОНОМ СВОЙСТВ

Студент спец. 6-05-0711-03 гр. 4 Станчук А. А.¹

Кандидат техн. наук Сергиевич О. А.¹, кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.²

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Система MgO–SiO₂ представляет значительный интерес с точки зрения синтеза различных видов огнеупорной и электроизоляционной керамики. Анализ свойств магнийсиликатных материалов [1] показал, что из-за высоких значений удельного объемного электрического сопротивления, хорошей механической прочности и повышенного температурного коэффициента линейного расширения керамические материалы на основе форстеритовой керамики можно использовать в качестве спаев с высокорасширяющимися стеклами и металлами.

Целью данной работы является разработка составов и технологических параметров процесса получения керамических материалов с высоким значением ТКЛР, обеспечивающих устойчивость к фторсодержащим и щелочным средам.

В качестве сырьевых компонентов использовались тальк Олотский, оксид магния и оксид марганца марки х. ч., глина огнеупорная марки «Гранитик-Веско» и бентонит. Все компоненты смешивались и измельчались до получения однородной шихты путем совместного мокрого по-

мола в мельнице до остатка на сите № 0063 не более 2–3 %. После готовая суспензия высушивается в сушильном шкафу до остаточной влажности $2 \pm 0,5$ %, растиралась в порошкообразную массу, доувлажнялась до 6–8 % и протиралась через сито № 3. Готовый пресс-порошок вылеживался в течение суток для усреднения по влажности. Методом полусухого прессования под давлением 40 МПа отпрессовывались опытные образцы в виде цилиндров и палочек с последующим их высушиванием при температуре 100 ± 5 °С до остаточной влажности не более 1 %. Обжиг синтезированных образцов производился в электрической печи при температурах 1 200, 1 250 и 1 300 °С со скоростью подъема 200 °С/ч и выдержкой при максимальной 1 час.

Керамические материалы на основе системы $MgO-SiO_2$ были синтезированы в области кристаллизации форстерита с различными связующими и минерализующими добавками: бентонитом, глиной, MgO и MnO . Определены физико-химические свойства, фазовый состав и установлена взаимосвязь показателей свойств образцов с исходным химическим составом и температурой синтеза. Наибольшее минерализующее действие на процесс спекания керамических материалов оказывает оксид марганца в сочетании со связующей добавкой бентонита. Фазовый состав исследуемых образцов представлен форстеритом и небольшими количествами периклаза, энстатита и клиноэнстатита, что обеспечивает требуемое значение температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР).

При температуре синтеза 1 250 °С получены образцы оптимальных составов со следующими свойствами: водопоглощение – 11,5–12,2 %, плотность – 2 100–2 250 кг/м³, ТКЛР при температуре измерения 400 °С – $(9,2-9,6) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹, удельное объемное электросопротивление при 100 °С – $(2,8-3,3) \cdot 10^{12}$ Ом·м, механическая прочность – 27,8–29,8 МПа, кислото- и щелочестойкость – 94,1–97,8 %.

Дополнительно исследовано влияние таких технологических факторов, как дисперсность, вид кремнеземсодержащих компонентов, температура спекания и введение органических связующих на пористость и проницаемость керамических материалов. Установлено, что, используя композицию кристаллического и аморфного кремнезема с различным гранулометрическим составом можно получать значения пористости от 15 до 80 %. Требуемые значения пористости и проницаемости (25–40 %) достигаются при использовании кварцевого песка и кремнегеля в сочетании 2:1. Проницаемость керамики также может быть дополнительно отрегулирована температурой ее обжига.

Литература

1. Масленникова, Г. Н. Новое в электрокерамике: учеб. / Г. Н. Масленникова, А. Ф. Бугенова. – М.: Электропром. 1963. – 36–43 с.

УДК 681.7.023.72

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ЛИНЗ МАЛОЙ ЖЕСТКОСТИ

Студент гр. 11311122 Суринович Е. И., аспирант Диас Гонсалес Рафаэль Орландо, д-р техн. наук, профессор Козерук А. С., кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О. Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Наибольшее распространение из оптических деталей, применяемых в оптическом и оптико-электронном приборостроении, получили линзы, большая половина из которых – двояковогнутые, плоско-вогнутые и выпукло-вогнутые или вогнуто-выпуклые отрицательные мениски. Данные линзы имеют малую толщину по центру и, следовательно, обладают малой жесткостью и являются нетехнологическими оптическими деталями. В процессе изготовления таких линз по классической технологии односторонней обработки их заготовки крепят с помощью наклеенной смолы (смоляной подушки значительной толщины) на специальном приспособлении.

Установка заготовок на приспособлении осуществляется следующим образом: нагревают заготовки, наклеивают на них смоляные подушки, охлаждают, затем формируют блок на установочном инструменте, размещая заготовки в соответствии с расчетом, нагревают блок и наклеенное приспособление, центрируют одно относительно другого и охлаждают на воздухе или в воде. Вследствие различных значений температурных коэффициентов линейного расширения материалов детали (стекла), смоляной подушки (наклеенной смолы) и наклеенного приспособ-

ления (металла) после остывания блока происходит упругая деформация маложестких деталей. Для уменьшения деформирующего влияния смолы на заготовку на ее центральную зону перед наклейкой смоляной подушки устанавливают бумажный кружок определенного диаметра. Остаточная деформация поверхности заготовки приводит к появлению в процессе обработки линзы к дополнительной погрешности формы поверхности, которая проявляется только после разблокировки.

Таким образом, для обработки маложестких линз лучше всего использовать технологию двухстороннего формообразования, предусматривающую крепление заготовок за их нерабочую боковую цилиндрическую поверхность, позволяющую избежать деформации исполнительных поверхностей линзы, повысить производительность обработки и исключить использование клеющей смолы при нагревании которой происходит выделение канцерогенных веществ фенольной группы, загрязняющей окружающую среду.

Для реализации технологии двусторонней обработки линз предлагается технологическое оборудование, схема которого приведена в [1], и технологическая оснастка для блокировки маложестких линз за боковую поверхность точечным методом с помощью фотополимерной смолы, затвердевающей под воздействием ультрафиолетового излучения (рис. 1).

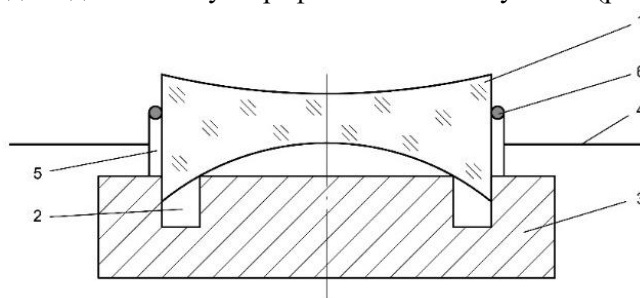


Рис. 1. Схема точечного закрепления линз за боковую поверхность:

1 – линза; 2 – кольцевая канавка; 3 – подставка; 4 – оправка; 5 – отверстие; 6 – клеящее вещество

Литература

1. Устройство для двусторонней обработки сферических поверхностей: пат. 8956 Респ. Беларусь, МПК7 В 24 В 13/02 / А. С. Козерук, И. П. Филонов, В. Ф. Климович, М. И. Филонова; заявитель Белор. национ. технич. ун-т – № а 20040552; заявл. 15.06.2004; опубл. 28.02.2007.

УДК 681.7.069.223:069.44

МЕТОДИКА ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ ДРЕВНИХ МОНЕТ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОРРОЗИИ

Учащиеся Галайковская Ю. Ю.¹, Лукашов Д. Е.¹

Кандидат техн. наук, доцент Федорцев Р. В.², кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбач Д. В.³

¹УО «Национальный детский технопарк», Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

³Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Анализ археологических находок XVI–XIX веков показывает, что монеты первого ранга и максимального номинала: дукаты, гульдены в основном изготавливались из золота Au (95–98 %) как наиболее ценного и значимого материала, монеты второго ранга: талеры и тестоны изготавливались преимущественно из или серебра Ag (90–98 %) в весовом соотношении с золотыми монетами. Основная причина образования внутренней или наружной коррозии в таких монетах присутствие примесей меди Cu (1–10 %) и иногда железа Fe (11 %). Кроме того, проводимая политика «порчи монет» приводила к снижению количества благородных металлов за счет лигатуры (преимущественно меди). В монетах мелкого достоинства: грош, шестак, тымф, копейки или полторака количество примесей меди достигало 23–70 %, а также незначительное количество олова, никеля и железа.

Со временем поверхность золотых и серебряных монет темнеет. Это связано с взаимодействием примесей серебра и меди с кислородом, сероводородом, углекислым газом и влагой в

воздухе. Толщина оксидных пассивных пленок на серебре со временем может достигать от 12 до 200 Å. Более сложный случай – превращение в черный сульфид серебра с толщиной пленки 400 Å. Результаты микроскопического сканирования в ряде научных работ [1] показывают также образование белых налетов в виде хлорида серебра и сульфидов неблагородных металлов. Если содержание меди в серебряном сплаве больше 10 %, то можно наблюдать зеленые продукты коррозии: гидрокарбонаты, гидросульфиды, сульфаты и силикаты, толщиной от 0,1 до 0,5 мм [2]. В археологических находках продукты коррозии монет имеют сложное строение и состав. В основном это комбинации оксидов и солей меди, олова и других элементов, входящих в сплав, из которого сделано изделие.

Одним из способов восстановления контуров рельефа поверхности монет может быть применение метода лазерной очистки металлов. В качестве образцов для исследования были выбраны: ½ марки (Германия, 1920) (железо); 20 копеек (Россия, 1915) (серебро); 2 копейки (Россия, 1910) (медь). Технологическое оборудование: лазерная установка модели Wattsan FL TT, тип излучателя – волоконный иттербиевый IPG, длина волны излучения 1 064–1 069 нм, длительность импульса 10 нс, заявленная производителем мощность 20 Вт, скорость луча 0–7000 мм/с, минимальная ширина линии 0,012 мм. F-Theta объектив D80, фокусное расстояние $f_{об}' = 330$ мм. Программное обеспечение EzCAD 2.14. Визуальную оценку качества поверхности монет проводили на портативном цифровом микроскопе USB Espada E-SU1000x при увеличении 50 крат. Серия пробных экспериментов показала, что для обеспечения высокой равномерности очистки необходимо устанавливать шаг между соседними пучками 0,01 мм (Loop Distance) и расстояние между линиями очистки 0,01 мм (Line Distance). Необходимо также устанавливать максимальное значение мощности (с учетом потерь в оптической системе фактическая мощность измеренная по средствам термоэлектрического измерителя мощности SSP-TS50-TP100 составила 15,5 Вт). При обработке стальных и серебряных монет оптимальными параметрами являются: скорость 5 000 мм/с; частота следования импульсов 200 кГц; количество проходов 6: из которых – 3 прямых, 3 наклонных под углом 45°. После лазерной обработки на поверхности монет всегда остается легкий налет, который необходимо аккуратно удалять сухой мягкой хлопчатобумажной тканью или ватой.

Литература

1. Лазерная очистка в машиностроении и приборостроении / Вейко В. П. [и др.]. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 103 с.
2. Баландина, Л. Н. Исследование очистки окислов с медной поверхности методом лазерной абляции / Л. Н. Баландина, К. Л. Попов, М. А. Коротаева // Всероссийская научно-техническая конференция студентов Студенческая научная весна 2012: Машиностроительные технологии. – С.1–6.

УДК 535.8 :621

ИМПУЛЬСНЫЙ ДАЛЬНОМЕР

Студентка гр. 11311220 Хрипач Е. В.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для измерения дальности L до объекта используется два типа дальномеров: оптические и оптиколокационные. Первые из них бывают внутрибазными и внешнебазными, а вторые – импульсные с импульсной модуляцией излучения и фазовые с непрерывной модуляцией последнего. Работа внутрибазных основана на определении L по формуле

$$L = B / \varepsilon,$$

где B – расстояние (база) между входными окнами оптической системы дальномера (между объективами зрительных труб); ε – угол между визирными осями зрительных труб дальномера при наведении его на объект наблюдения.

При использовании внешнебазных дальномеров в качестве базы служит размер наблюдаемого объекта. При этом дальность L определяется из выражения

$$L = B_0 \cdot f'_{об} / l,$$

где B_0 – величина объекта наблюдения; $f'_{об}$ – фокусное расстояние объектива оптической системы дальномера; l – размер изображения объекта наблюдения на шкале оптической системы дальномера.

Оптиколокационными импульсными дальномерами дальность определяется посредством измерения времени t прохождения светового пучка до объекта и обратно с последующим расчетом L по формуле

$$L = (c/2n) t,$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость распространения света; n – показатель преломления воздуха.

В оптиколокационных фазовых дальномерах дальность до объекта определяется подсчетом целого числа длин волн N оптического излучения с длиной волны λ_i и их части, укладываемых на трассе до объекта и обратно. Для расчета L при этом используется выражение

$$L = \frac{1}{2} \left(N\lambda_M + \frac{\phi^0}{360^\circ} \lambda_M \right),$$

где f_M – частота модуляции света; ϕ – разность фаз, значение которой зависит от L .

Из перечисленных дальномеров на практике применяются, в основном, различные модификации оптиколокационных импульсных дальномеров. В этих дальномерах в качестве источника излучения используется лазер с твердотельным узлом накачки, и работает он в режиме модуляции добротности, что позволяет формировать световые импульсы с временем их нарастания в диапазоне примерно 10 нс с выходной мощностью пучка в импульсе до нескольких десятков мегаватт. Для накачки лазера используются две импульсные лампы. Формирование рабочего пучка лазера с малой расходимостью осуществляется с помощью телескопической системой. Этот пучок направляется на объект наблюдения, после отражения от которого приемным телескопическим узлом создается определенный сигнал на фотокатоде фотоэлектрического умножителя (ФЭУ), расположенного в выходном зрачке оптической системы лазера. Для срезания посторонних засветок перед ФЭУ установлен узкополосный интерференционный фильтр, который пропускает излучение в диапазоне $\Delta\lambda = 1-5$ нм. Для дополнительного уменьшения фоновых засветок в фокальной плоскости объектива предусмотрена полевая диафрагма.

Работа импульсного лазера основана на анализе отраженного от объекта светового пучка, сдвинутым по времени относительно опорного сигнала. Этот временной сдвиг поступает на счетное устройство, формирующее на цифровом индикаторе значение дальности до объекта наблюдения.

УДК 621.398

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДАЛЬНОМЕТРИИ

Студент гр. 11302123 Цумарев Я. Д.

Д-р физ.-мат. наук, доцент Свирина Л. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Лазерная дальнометрия призвана решать такие прикладные задачи, как дистанционное определение оптических характеристик и параметров движения объектов, получение данных о скорости ветра в атмосфере, дистанционное зондирование характеристик земных поверхностей, экологический мониторинг газовых и аэрозольных загрязнений атмосферы, обнаружение и классификация нефтяных загрязнений на морской поверхности, и др.

Актуальной становится разработка малогабаритных лазеров, генерирующих излучение в области спектра, наиболее безопасной для зрения ($\lambda \sim 1,5-1,6$ мкм). В настоящей работе рассматривается устройство и принцип действия перспективного для целей дальнометрии твердотельного лазерного излучателя на $Yb:Er$ стекле с диодной накачкой и активной модуляцией добротности, описанного в работе [1], оптическая схема которого приведена на рис. 1.

Резонатор лазера длиной 40 мм образован глухим зеркалом 1 и выходным зеркалом 4, параметры зеркал были подобраны экспериментально для достижения максимальной выходной энергии при работе лазера в режиме модуляции добротности с частотой следования импульсов

10 Гц при накачке среды импульсами лазерных диодов с суммарной энергией 750 мДж. Для обеспечения оптимальных габаритов излучателя и однородности накачки активной среды был разработан квантрон 2 (основной элемент конструкции лазера, включающий активную среду, систему накачки, отражатели). Активный элемент изготавливался в виде цилиндрического стержня диаметром 2,2 мм и длиной 12 мм из фосфатного стекла с концентрацией эрбия $3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и иттербия $2,4 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$. Накачка среды осуществлялась с помощью трех диодных линеек, работающих на длине волны 940 нм. Длительность импульса накачки равнялась 5 мс.

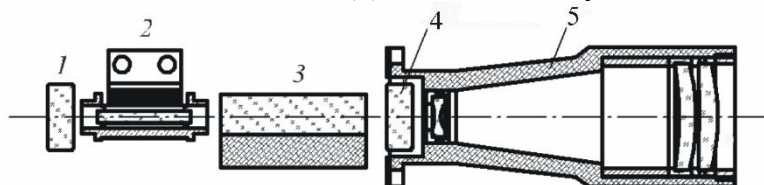


Рис. 1. Оптическая схема лазерного излучателя на основе Yb:Er-стекла: 1 – глухое зеркало; 2 – квантрон; 3 – акустооптический модулятор добротности; 4 – выходное зеркало; 5 – формирующая оптическая система (объектив)

На рис. 2 приведена схема квантрона (а, б) и фото (в) лазерного излучателя, описанного в [1]. Лазер, размеры которого: $110 \times 30 \times 30$ мм, генерирует излучение на длине волны $\lambda = 1,5$ мкм, с частотой следования импульсов 10 Гц, выходной энергией 8 мДж, длительностью импульса 20 нс, расходимостью излучения 1 мрад.

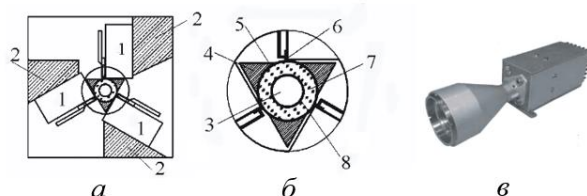


Рис. 2. Схема системы накачки квантрона (а), осветителя (б) и фото излучателя (в): 1 – лазерные диоды; 2 – теплоотводы для них; 3 – активный элемент; 4 – теплоотвод для него; 5 – отражающее покрытие; 6 – излучающая поверхность; 7 – осветитель; 8 – кремнийорганический теплопроводящий состав

Литература

1. Крылов, А. А. Компактный Yb: Er-лазер работающий с частотой следования импульсов 10 Гц в режиме модуляции добротности / А. А. Крылов, В. А. Бученков А. В. Усков // Квант. электрон. – 2018. – Т. 48, № 7. – С. 607–610.

УДК 535.8

СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ЛАЗЕРНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Магистрант гр. 140831/01 Черкасова П. В.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

В настоящее время, наиболее актуальной формой доставки информации является передача данных по лазерному излучению. Это обосновывается в связи с высокой пропускной способностью, эффективностью при низком коэффициенте шума, недорогой стоимостью, низкой мощностью, а также своей гибкостью и устойчивостью к помехам этого метода [1].

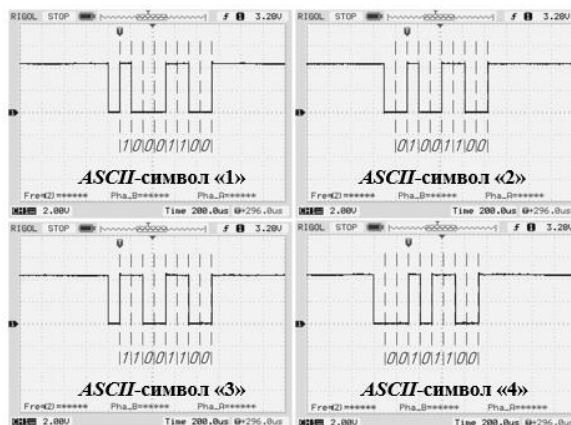
В работе разработано устройство приема и передачи данных по лазерному излучению, состоящее из микроконтроллеров оператора и приемной аппаратуры, модуля лазерного диода и устройства формирования команд (например, двухосевого джойстика), а также приемника излучения – модуля датчика лазерного излучения. Данные в таком устройстве будут передаваться путем модуляции поперечного сечения луча лазерного устройства, восприниматься фотоприемным устройством и дешифроваться на микроконтроллере. Реализацию отправки данных возможно осуществлять с помощью программных средств, дублирующих функциональность *UART* [2].

В качестве примера, программа по передаче данных отправляла пакет *ASCII*-символов от «1» до «4». Для проверки соответствия в табл. 1 приведены передаваемые *ASCII*-символы и их коды в десятичной и двоичной системах счисления.

Таблица 1 – Сопоставление кодов

<i>ASCII</i> -символ	Десятичный код	Двоичный код
1	49	00110001
2	50	00110010
3	51	00110011
4	52	00110100

При сборке устройства был подключен вход осциллографа (рис. 1) к контакту микроконтроллера, где программа формирует передаваемый сигнал.

Рис. 1. Осциллограммы *ASCII*-символов команд управления

Таким образом, применение лазерного излучения позволяет повысить помехоустойчивость и скорость передачи данных, а использование протокола *UART* позволит повысить пропускную способность этого способа.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта ректора ТулГУ для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам магистратуры, № НИЧ-8955/ПУ/23/01/ГРР_М.

Литература

1. Лазерные системы связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agat-goscosmos.ru/digests/lazernye-sistemy-svyazi-24/>. – Дата доступа: 21.02.2024.
2. Универсальный асинхронный приемопередатчик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Универсальный_асинхронный_приемопередатчик. – Дата доступа: 22.02.2024.

УДК 666.3

ВЛИЯНИЕ СПЕКАЮЩИХ ДОБАВОК MgO и TEOS НА ОПТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ СОСТАВА LuAG:Yb, Er

Чикулина И. С., Вакалов Д. С., Кичук С. Н., Бедраков Д. П.
Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

Твердотельные активные лазерные среды в генераторах и усилителях излучения испытывают сильные термомеханические напряжения из-за неоднородного распределения температуры при поглощении излучения накачки. Это приводит к потерям энергии из-за термооптических искажений. Керамика на основе LuAG обладает хорошей теплопроводностью, которая незначительно снижается при высоких уровнях легирования в отличие от керамики на основе YAG [1]. Для получения высокопрозрачной керамики лазерного качества при спекании необходимо использовать вспомогательные вещества, например, на основе SiO₂ или MgO, которые показали отличные результаты при исследовании влияния условий спекания на оптические свойства керамики на основе YAG [2]. В то же время исследование и разработка новых составов керамики

на основе LuAG является необходимым в области лазерных технологий, т. к. использование таких материалов позволит улучшить эффективность и стабильности работы лазерных систем.



Рис. 1. Внешний вид образцов оптической керамики

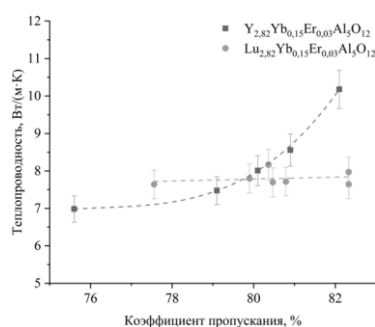


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности от светопропускания керамики (данные по $Y_{2,82}Yb_{0,15}Er_{0,03}Al_5O_{12}$ из [3])

В ходе настоящего исследования было проанализировано воздействие спекающих компонентов на основе оксида магния (MgO) и оксида кремния (TEOS) в диапазонах концентраций от 0,02 до 0,1 вес. %, на микроструктуру и оптические свойства керамики состава $Lu_{2,82}Yb_{0,15}Er_{0,03}Al_5O_{12}$, которая была получена на основе керамического порошка, синтезированного методом химического соосаждения с последующим прокаливанием на воздухе. Полученные в ходе исследования выводы свидетельствуют о том, что введение в состав керамического порошка спекающей добавки на основе MgO и SiO_2 не оказывает влияние на его фазовый состав, структурные и морфологические характеристики. Эксперименты показали, что значение коэффициента оптического пропускания 80 ± 2 % керамики $Lu_{2,82}Yb_{0,15}Er_{0,03}Al_5O_{12}$ достигается при температуре вакуумного спекания 1775 °C для образцов с содержанием MgO от 0,02 до 0,06, а SiO_2 от 0,3 до 0,5, и при температуре 1800 °C для керамики, в которой содержание спекающих добавок составляло MgO от 0,08 до 0,1, а SiO_2 от 0,1 до 0,2 (рис. 1). Исследования показали, что температура вакуумного спекания для высокопрозрачной керамики с увеличением содержания спекающей добавки на основе оксида кремния смещается в область меньших величин, а с увеличением концентрации оксида магния растет. Было определено, что теплопроводность керамики на основе LuAG составляет $7,8 \pm 0,2$ Вт/(м·К) и не зависит от количества и типа дефектов в структуре керамики (рис. 2), являющихся центрами оптического рассеяния.

Литература

1. Thermal and laser properties of Yb:LuAG for kW thin disk lasers / Beil K. [et al.] // Opt. Express. – 2010. – Vol. 18, № 20. – P. 20712.
2. The effects of Mg^{2+}/Si^{4+} co-substitution for Al^{3+} on sintering and photoluminescence of (Gd,Lu) $3Al_5O_{12}$:Ce garnet ceramics / Meng Q. [et al.] // J. Eur. Ceram. Soc. Elsevier. – 2020. – Vol. 40, № 8. – P. 3262–3269.
3. Вакалов, Д. С. Влияние микроструктуры керамики состава YAG: Yb, Er на теплопроводность / Д. С. Вакалов, И. С. Чикulina, С. Н. Кичук. – 2023.

УДК 621.375.826

МНОГОВОЛНОВОЙ ТЕА ЛАЗЕР С КОМБИНИРОВАННОЙ РАБОЧЕЙ СМЕСЬЮ

Аспирант Шавель С. С., Горобец В. А.
Кандидат физ-мат. наук Бушук С. Б.

ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», Минск, Беларусь

Введение. В настоящее время существует устойчивый интерес к разработке лазерных систем, обеспечивающих одновременную генерацию в двух спектральных областях ИК диапазона. Одним из путей решения этой проблемы может стать использование электронных переходов инертных газов (например Хе, Кг, Аг, Не) в дополнение к генерации на колебательно-вращательных переходах молекул CO_2 . Генерация одновременного излучения в указанных диапазонах с качеством, соответствующим газовым лазерам (высокая выходная мощность,

низкая расходимость и спектрально узкие линии) позволяет создать источник лазерного излучения, для преобразования излучения в нелинейных кристаллах и прикладной спектроскопии, а также для применения в лидарной технике (выполнение условия «замороженной» атмосферы). Но в последнем случае необходимо наличие 2-х линий для каждого измеряемого в атмосфере газа. Если нужно измерять такие газы как аммиак и метан, то мы приходим к необходимости наличия 4-х линий (on и off линии в диапазонах 1–4 и 9–10 мкм).

Описание лазера. Конструкция основных узлов лазера (разрядная камера, электрический блок питания, элементы резонатора) аналогична созданному ранее ТЕА лазеру с комбинированной газовой смесью [1]. Однако, для получения конкретных линий генерации была применена оптическая схема резонатора, выполненная по неавтоколлимационной схеме с использованием дифракционной решетки и дополнительных зеркал (рис. 1)

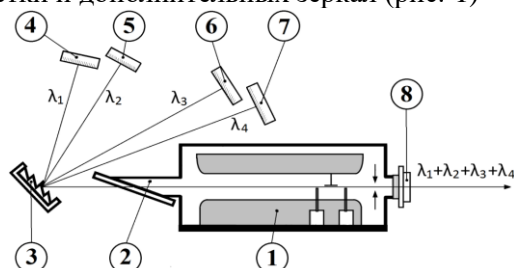


Рис. 1. Оптическая схема лазера: 1 – разрядная камера; 2 – окно Брюстера; 3 – дифракционная решетка; 4, 5, 6, 7 – отражающие зеркала резонатора; 8 – выходное зеркало резонатора

Как видно из оптической схемы лазера, генерация для каждой из 4-х линий формируется в своем резонаторе, а на выходе присутствует четырехволновое излучение. При необходимости можно организовать отдельный выход излучения для каждого из каналов через 00' порядки.

Закключение. Таким образом, применение выполненного по неавтоколлимационной схеме резонатора и комбинированной газовой смеси позволило создать многоволновой лазер, генерирующий одновременно на нескольких линиях генерации, принадлежащих к разным спектральным диапазонам. Лазер может использоваться для спектроскопических исследований и дистанционного газоанализа с выполнением условия «замороженной» атмосферы.

Литература

1. Шавель, С. С. ТЕА лазер, генерирующий в нескольких спектральных диапазонах / С. С. Шавель [и др.]. – Журнал прикладной спектроскопии. – 2023. – Т. 90, № 6. – С. 835–842.

УДК 681.7.067.2

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЕКТИВОВ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ В КОСМИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Аспирант Шанчук В. А., аспирант Чергейко С. В.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время широкое распространение получили оптические системы (ОС) с переменным фокусным расстоянием. Такая оптика имеет ряд функциональных преимуществ. Существует классификация таких ОС: объективы с дискретным переменным увеличением, варио-объективы, трансфокаторы, объективы с механической и оптической компенсацией изображения и др. Современные разработки активно используются в военно-технической сфере и других областях. Активно рассматривается возможность использования объективов с переменным фокусным расстоянием в космическом приборостроении. В работе проанализированы некоторые направления применения таких объективов:

- использование в автономных системах навигации космических аппаратов (КА), где они выполняют широкий спектр задач;
- использование в составе сервисных космических аппаратов (СКА) для безоператорной технической инспекции дорогостоящих КА;

- возможность установки данных объективов на планетоходы для получения высококачественных снимков поверхности планет;
- использование объективов с переменным фокусным расстоянием в качестве звездного датчика на КА (теоретический аспект), что позволит упростить и ускорить процесс расчета углового отклонения спутника от стационарного опорного объекта.

Стоит заметить, что данный тип систем имеет ряд недостатков, которые влияют на перспективу их внедрения в сферу космического приборостроения:

- объективы с переменным фокусным расстоянием имеют более низкое качество даваемого ими оптического изображения, чем объективы с постоянным фокусным расстоянием, за счет наличия у них большего количества оптических элементов;
- высокое светорассеяние из-за сложности их конструкции, что приводит к снижению контраста даваемого ими оптического изображения;
- более низкая светосила, а также большие габариты и вес, чем у объективов с постоянным фокусным расстоянием;
- низкая термонеравстраиваемость.

Однако, при всех их недостатках, объективы с переменным фокусным расстоянием имеют одно неоспоримое преимущество, которое делает их крайне полезными для сферы космического приборостроения – работа в широком диапазоне фокусных расстояний, что перекрывает практически все необходимые потребности.

При решении ряда теоретических, конструкторских и технологических задач данная идея по применению таких объективов в космическом приборостроении имеет большой потенциал.

Литература

1. Rebordão, J. M. Space optical navigation techniques: an overview / J. M. Rebordão // 8th Iberoamerican Optics Meeting and 11th Latin American Meeting on Optics, Lasers, and Applications. – SPIE, 2013. – Vol. 8785. – P. 29–48.

2. Каткалов, В. Б. Перспективы развития спутниковых услуг / В. Б. Каткалов // Интеллектуальные технологии на транспорте (сетевой электронный научный журнал) [Электронный ресурс]. – 2020. – № 1. – Режим доступа: http://itt-pgups.ru/index.php/itt_pgups/issue/view/748/i194.

УДК 535.8:621

ПРИЦЕЛ НАВОДЧИКА МНОГОКАНАЛЬНЫЙ

Студент гр. 11311220 Шахрай Р. В

Д-р техн. наук, профессор Козерук А. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Прицел служит для выполнения следующих задач: обзора местности, обеспечивающего оператору обнаружение и выбор цели в любое время суток (дневных и ночных условиях); стабилизированного в двух плоскостях наведения и удержания прицельной марки на цели по сигналам с пульта управления; обеспечения измерения дальности до цели лазерным дальномером; создания и формирования поля управления для стрельбы управляемыми ракетами с превышением оси нулевых команд над линией прицеливания и без превышения; формирования управляющих и информационных сигналов для обеспечения совместной работы с аппаратурой комплекса вооружения; обеспечения введения служебной информации в поле зрения окуляра и на экранах видеосмотровое устройство тепловизионный визирный канал во всех условиях эксплуатации изделия.

В прицеле предусмотрены следующие режимы работы: «Основной», «Дубль», «Целеуказание».

Режим «Основной»: наводчик ведет наблюдение, измерение дальности, наведение и стрельбу из пушки всеми типами артиллерийских боеприпасов и управляемой ракетой, а также из спаренного пулемета с использованием изделия.

В режиме «Основной» обеспечивается автоматическое сопровождение цели.

Режим «Дубль»: управление работой система управления огнем и ведение стрельбы производится командиром с использованием видеосмотрового устройства тепловизионного канала изделия с сохранением всех функций режима «Основной».

Режим «Целеуказание» включается командиром. Этот режим заключается в быстром приведении линии прицеливания изделия (прицела наводчика) к линии прицеливания прицела командира.

Конструктивно изделие состоит из комплекта блоков изделия, камеры тепловизионной, пульт управления камерой тепловизионной, двух видеосмотровых устройств и системы вычислителя баллистических поправок

Оптическая схема изделия состоит из следующих оптических систем: системы визирования (оптический визирный канал), предназначенной для построения и рассматривания изображения местности в дневных условиях с различным увеличением; тепловизионной системы, предназначенной для построения и рассматривания тепловизионного изображения местности с различными увеличениями; системы формирования поля управления (лазерный канал управления); системы передающего и приемного канала дальномера (канал лазерного дальномера); системы индикации; систем выверки, предназначенных для контроля положения оси дальномерного канала относительно линии прицеливания визирного канала, оси линии нулевых команд поля управления относительно линии прицеливания визирного канала, а также оперативного встроенного контроля выверки дневного визирного канала относительно ствола пушки.

Дневной оптический визирный канал обеспечивает визуальное наблюдение за местностью при двух увеличениях: минимальном и максимальном.

Лазерный канал управления состоит из волоконного лазера ИК-диапазона, блока модулятора и оптических компонентов завода излучения в основной оптический канал изделия с приводом переключения шторки, исключающей попадание излучения в приемный канал дальномера. Этот канал предназначен для создания инфракрасного модулированного лазерного поля управления для наведения управляемых боеприпасов на цель.

Лазерный дальномер состоит из излучателя, телескопической системы, коллиматора и компенсатора для устранения рассогласования непараллельности передающего канала ЛД относительно оптического визирного канала изделия, а также фотоприемного устройства дальномера, блока питания дальномера и блока цифровой обработки сигнала фотоприемного устройства.

УДК 681.7.015.2; 535.317

ЦИФРОВОЙ АВТОКОЛЛИМАТОР

Студент гр. 11311220 Шевченко В. П.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Непрерывное развитие оптического приборостроения влечет за собой необходимость постоянно совершенствовать методы и средства контроля изделий на всем технологическом цикле производства.

В задачах, связанных с угловыми измерениями, широкое распространение получили автоколлиматоры. Эти приборы обеспечивают непосредственное измерение угла бесконтактным способом [1].

С развитием компьютерной и вычислительной техники наибольшую популярность стали приобретать цифровые приборы. В них изображение марки регистрируется с помощью ПЗС-матрицы или линейки [2]. Измерительная информация оцифровывается и далее поступает на персональный компьютер.

Разрабатываемый цифровой автоколлиматор включает в себя объектив, видеокамеру, тест-объект, светоделитель, осветитель, платформу регулирования визирной оси.

Питание осветителя осуществляется блоком питания, подключенным к стандартной сети 220 В. В состав осветителя автоколлиматора входит светодиод, линзы, молочное стекло и диафрагма. Светодиод обеспечивает рабочую область спектра автоколлиматора и с помощью линзы, молочного стекла и диафрагмы создает заданную равномерную освещенность рисунка тест-объекта. Излучение от источника проходит тест-объект, который представляет собой стеклянную пластинку.

Призма-куб выполняет роль светоделиителя, поэтому рабочие грани призмы просветляются, а на поверхности склейки двух призм $AP-90^\circ$ наносят светоделительное покрытие. Использование в конструкции автоколлиматора призмы $K-0^\circ$ в качестве светоделиителя, обусловлено тем, что относительно нее легко установить тест-объект и приемник оптического излучения.

Излучение от источника проходит тест-объект, призму-куб, объектив. Из объектива выходит параллельный пучок лучей, падает на контролируемый объект, отражается от него и в обратном ходе проходит через объектив, отражается от гипотенузной грани призмы $K-0^\circ$ и фокусируется на приемнике, расположенном в фокальной плоскости объектива.

В качестве приемника излучения используется КМОП – матрица с микропроцессорной системой обработки видеок кадров, которые выводятся на экран персонального компьютера.

Цифровые автоколлиматоры обладают рядом неоспоримых преимуществ перед визуальными приборами: высокая точность измерений, простота эксплуатации и обслуживания, компактные габариты и вес, автоматизация измерений и т. д.

Перспективы представленной работы состоят в модернизации цифрового автоколлиматора (рис. 1): улучшение технических характеристик при сохранении заданного качества изображения и габаритных ограничений.

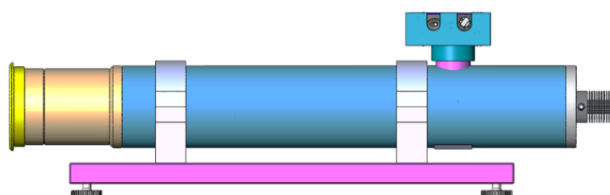


Рис. 1. Внешний вид цифрового автоколлиматора

Литература

1. Афанасьев, В. А. Автоколлимационные приборы / В. А. Афанасьев, А. М. Жилкин, В. С. Усов. – Недра, 1982. – 9 с.
2. Белоглазов, А. А. Коллимационные и автоколлимационные устройства для контроля центрирования линз / Белоглазов А. А., Орнис А. Н. – Оптико-механическая промышленность, 1972. – № 10. – 60 с.

УДК 621.3.038.825.2

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ ИТТЕРБИЕВЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР

Студент гр. 11311122 Шишко Т. А., аспирант Лазарчук А. И.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Лазерное излучение с длиной волны $1-1,1 \mu\text{m}$ имеет ряд достоинств, интересных для широкого практического применения в лазерной обработке материалов, медицине, научных исследованиях. В настоящее время существует большое количество источников лазерного излучения с длиной волны $1-1,1 \mu\text{m}$: волоконные лазеры, полупроводниковые лазеры, твердотельные лазеры. Благодаря простоте использования, надежности и компактности конструкции все больший интерес разработчиков лазерных систем в настоящее время привлекают иттербиевые волоконные лазеры. В нашем случае волоконный лазер с перестройкой длины волны излучения был создан для исследования спектральных особенностей волоконных компонент лазерных систем, т. е. является инструментом для создания, инспекции и контроля элементов резонаторов волоконных лазеров и усилителей.

Схема разработанного лазера, представлена на рис. 1, он состоит из одномодового лазерного диода мощностью 0,5 Вт на длине волны 976 нм, изолятора на длину волны накачки (976 нм), волоконного мультиплексора (WDM), линейного петлевого рефлектора, который обеспечивает эффективный коэффициент отражения около 80 %, активное волокно (SM-YSF-LO-HP), коллимирующей асферической линзы ($f = 8 \text{ мм}$). Перестройка длины волны обеспечивалась установкой в резонаторе призмы (SF-10) и поворотного глухого зеркала. Для создания измерительного канала к выходному волокну присоединялся волоконный разветвитель, который обеспечивал возможность контроля спектральных и энергетических параметров излучения непосредственно в процессе измерения.

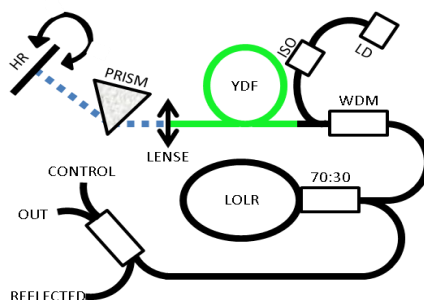


Рис. 1. Схема лазера

Получен диапазон перестройки длины волны около 110 нм (рис. 2) от 1010 до 1120 нм со спектральной полушириной линии генерации ≤ 1 нм, что обеспечивает необходимую точность измерения для исследования волоконно-оптических элементов. Максимальная мощность в измерительном канале составляла 22 мВт, что является достаточной величиной для проведения необходимых исследований. Пример спектральной линии излучения лазера представлен на рис. 2.

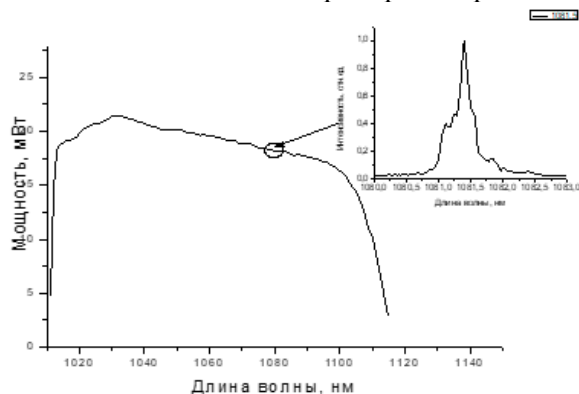


Рис. 2. Перестроенная кривая и пример спектра лазера

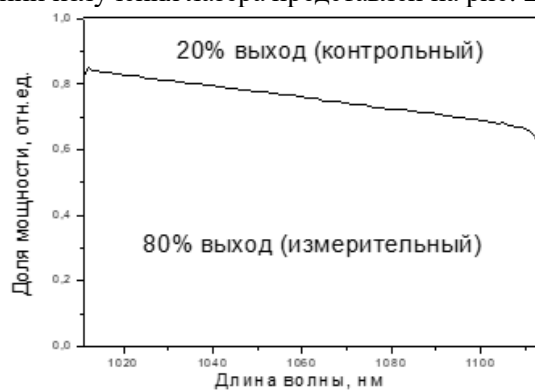


Рис. 3. Спектральная зависимость коэффициента деления разветвителя

Зависимость мощности от длины волны представлена на рис. 2. На рис. 3 приведен пример измерений спектральной зависимости коэффициента деления разветвителя и установлено, что его коэффициент деления линейно зависит от длины волны, чего не было известно до проведения измерений и, что является принципиальным при проектировании широкополосных лазерных систем генерации и усиления ультракоротких световых импульсов.

УДК 621.3.038.825.2

ЗАВИСИМОСТЬ ГЕНЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРИСТАЛЛОВ ДВОЙНЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ВОЛЬФРАМАТОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ТРЕХВАЛЕНТНЫХ ИОНОВ ИТТЕРБИЯ

Студент гр. 11311122 Шишко Т. А., аспирант Лазарчук А. И.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кристаллы калий-иттриевого ($\text{KY}(\text{WO}_4)_2$) вольфрамата принадлежат ряду двойных калий-редкоземельных вольфраматов. Кристаллы являются моноклинными с пространственной группой симметрии $C_{2h}^6 - C2/c$. Параметры элементарной кристаллической ячейки: $a = 8,05 \text{ \AA}$, $b = 10,33 \text{ \AA}$, $c = 7,54 \text{ \AA}$, $\beta = 94^\circ$. Ионы Yb^{3+} замещают в данных соединениях ионы Y^{3+} в позициях с локальной симметрией C_2 . Образцы монокристаллов были выращены путем кристаллизации из раствора в расплаве $\text{K}_2\text{WO}_4 + \text{WO}_3$ модифицированным методом Чохральского. В качестве шихты использовался окисел редкоземельного элемента. Были получены образцы высокого оптического качества с содержанием ионов Yb^{3+} от 0,2 ат. % до 100 ат. % по отношению к

ионам Y^{3+} . С оптической точки зрения кристаллы являются двуосными. Главные значения показателей преломления кристалла $Yb^{3+}:KY(WO_4)_2$ на длине волны 1030 нм составляют: $n_g = 2,017$, $n_m = 1,982$, $n_p = 1,946$. Теплопроводность кристаллов составляет около $3,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^{-1}$ вдоль оси оптической индикатрисы N_g , $3,0 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^{-1}$ вдоль N_m и $2,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^{-1}$ вдоль N_p .

Для исследования генерационных характеристик материала в непрерывном режиме генерации использовались образцы прошедшие послеростовой отжиг. Кристаллы вырезались для работы вдоль оси оптической индикатрисы N_g для снижения влияния термооптических искажений на генерационные характеристики. Образцы активных элементов представляли собой плоско-параллельные пластинки различной толщины. Для объективной оценки качества кристаллов с различным содержанием активных центров элементы изготавливались с постоянным значением произведения концентрации на их толщину, что важно при работе с квазитрехуровневыми средами. Соответственно, для кристаллов с содержанием ионов иттербия 100, 30, 20, 10, 5 и 2 ат. % толщины активных элементов составили 0,12, 0,4, 0,6, 1,2, 2,4 и 6 мм. Лазерные эксперименты проводились в резонаторе близком к полусферическому с глухим зеркалом радиусом кривизны 50 мм и плоским выходным зеркалом. В качестве источника накачки использовался одномодовый лазерный диод (для снижения влияния эффективности модового перекрытия в кристаллах различной толщины) мощностью 0,6 Вт со стабилизированной длиной волны 976 нм и спектральной полушириной линии <1 нм. Экспериментальная установка представлена на рис. 1.

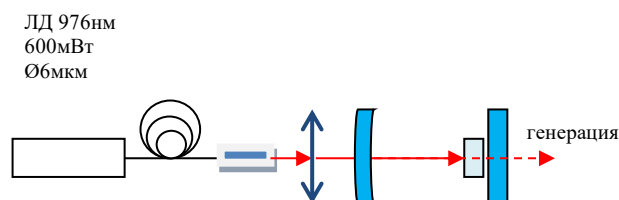


Рис. 1. Схема экспериментальной установки непрерывного $Yb^{3+}:KY(WO_4)_2$ лазера

При использовании выходного зеркала пропусканием 5 % для всех кристаллов наблюдалась генерация излучения с поляризацией параллельной оси оптической индикатрисы показателя преломления N_p с дифференциальной эффективностью около 60 % и центральной длиной волны 1038 нм, что хорошо соответствует пику стимулированного излучения в кристалле для данной поляризации. При использовании зеркала пропусканием 10 % генерация наблюдалась для поляризации параллельной оси N_m с длиной волны около 1030 нм. В данном случае дифференциальная эффективность генерации достигала 75 % и варьировалась от 72 до 75 % для кристаллов с различной концентрацией ионов иттербия. Разница в дифференциальных эффективностях может быть обусловлена погрешностью измерений и позволяет сделать вывод о том, что качество элементов не зависит от водержания активных центров. Максимальная выходная мощность излучателей достигала 240 мВт, что соответствует оптической эффективности генерации около 40 %.

УДК 621.3.038.825.2

ЛАЗЕР ВИДИМОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА В РЕЖИМЕ ПАССИВНОЙ МОДУЛЯЦИИ ДОБРОТНОСТИ

Студент гр. 11311122 Шишко Т. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К. Н.,
кандидат физ.-мат. наук, доцент Ясюкевич А. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последнее время наблюдается значительный интерес к лазерам, генерирующим в видимом спектральном диапазоне при накачке излучением InGaN лазерных диодов, а также оптически накачиваемых полупроводниковых лазеров. Ранее было продемонстрировано, что наиболее перспективными лазерными средами для лазеров видимой области спектра являются кристаллы иттрий-литиевого фторида, легированного ионами празеодима $Pr^{3+}:YLiF_4$ ($Pr:YLF$) [1]. В данной работе проведено исследование генерационных характеристик кристалла $Pr:YLF$ в режиме пас-

сивной модуляции добротности при использовании кристалла $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ в качестве насыщающегося поглотителя [2].

Схема макета лазера на основе кристалла Pr:YLF, работающего в режиме пассивной модуляции добротности, приведена на рис. 1. Источник накачки излучал на длине волны 479 нм с максимальной выходной мощностью до 5 Вт. Полуволновая пластинка 2 служила для вращения плоскости поляризации. Линза 3 формировала перетяжку диаметром 120 мкм внутри активного элемента 5, в качестве которого выступал кристалл $\text{Pr}^{3+}(0,3 \text{ ат. \%}):\text{YLF}$ толщиной 11,5 мм, вырезанный перпендикулярно кристаллографической оси a . Активный элемент, закрепленный на медном теплоотводе, был помещен в трехзеркальный резонатор, образованный плоским входным зеркалом 4, сферическими поворотным 6 и выходным 8 зеркалами. Радиусы кривизны сферических зеркал – 100 мм. Кристалл $\text{Co}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ толщиной 0,4 мм был помещен в плечо резонатора между сферическими зеркалами. Начальное пропускание затвора T_0 на длине волны 640 нм составило 97,9 %.

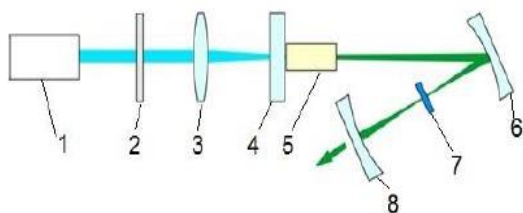


Рис. 1. Схема макета лазера на кристалле Pr:YLF: 1 – источник накачки; 2 – пластинка $\lambda/2$; 3 – фокусирующая система; 4 – входное зеркало; 5 – активный элемент; 6 – поворотное зеркало; 7 – насыщающийся поглотитель; 8 – выходное зеркало

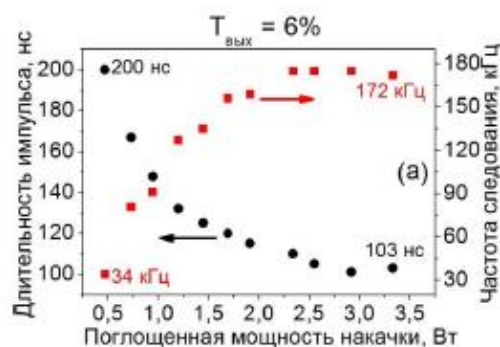


Рис. 2. Генерационные характеристики кристалла Pr:YLF в режиме пассивной модуляции добротности на длине волны 640 нм

На длине волны 640 нм была получена максимальная средняя выходная мощность 1,4 Вт при поглощенной мощности накачки 3,3 Вт и использовании выходного зеркала с коэффициентом пропускания 6 %. Максимальная дифференциальная эффективность достигала 47 %. Наименьшая длительность импульса составила 103 нс, частота следования импульсов достигала при этом 172 кГц (рис. 2).

Литература

1. Metz, P. High-power red, orange, and green $\text{Pr}^{3+}:\text{YLiF}_4$ lasers / P. Metz [et al.] // Opt. Lett. – 2014. – Vol. 39. – P. 3193–3196.
2. Nonlinear absorption properties of $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ crystal / K. V. Yumashev [et al.] // Appl. Phys. B. – 2012. – Vol. 70. – P. 179–184.

УДК 621.793

ОПТИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

Студенты гр. 11311120 Шкурский В. Д., Остошов П. А., Пшеничников Д. А.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время трудно представить себе оптические и оптико-электронные приборы и системы, в которых не использовались бы оптические детали (линзы, призмы, плоскопараллельные пластинки, зеркала) с различного рода покрытиями (просветляющие, зеркальные, светоделительные, спектроразделительные, поляризационные и другие). Применение оптических покрытий позволило варьировать спектральным рабочим диапазоном приборов, увеличить коэффициенты пропускания и отражения элементов оптических систем, осуществить разделение светового потока с заданным соотношением интенсивности, изменить степень поляризации излучения.

Вид покрытия имеет определенную конструкцию и технологию нанесения (оборудование, методика, режимы, контроль). Наиболее распространенными являются просветляющие покрытия, представляющие собой двух- или трехслойные конструкции чередующихся четвертьволновых или неравнотолщинных слоев из диэлектрических материалов с низким и высоким показателем преломления, которые обеспечивают очень низкий коэффициент отражения на одной или нескольких длинах волн, за счет подбора их толщины и величины показателя преломления. Структура оптического покрытия рассчитывается оптиками-технологами с помощью различных программ. Покрытия обычно наносят методом резистивного и электронно-лучевого испарения в вакууме, используя вакуумные установки. При проведении процесса напыления контроль оптической толщины пленки осуществляется с помощью встраиваемой системы спектрального оптического контроля по изменению ее пропускания, а окончательный контроль покрытия – с помощью спектрофотометра.

Для расчета конструкции просветляющего покрытия использовалась компьютерная программа TFCalc. При создании нового покрытия в программу ввели контрольную длину волны, угол падения, материал подложки и ее толщину. Затем подбором материалов покрытий, их толщины и количества слоев добились необходимой формы кривой (рис. 1).

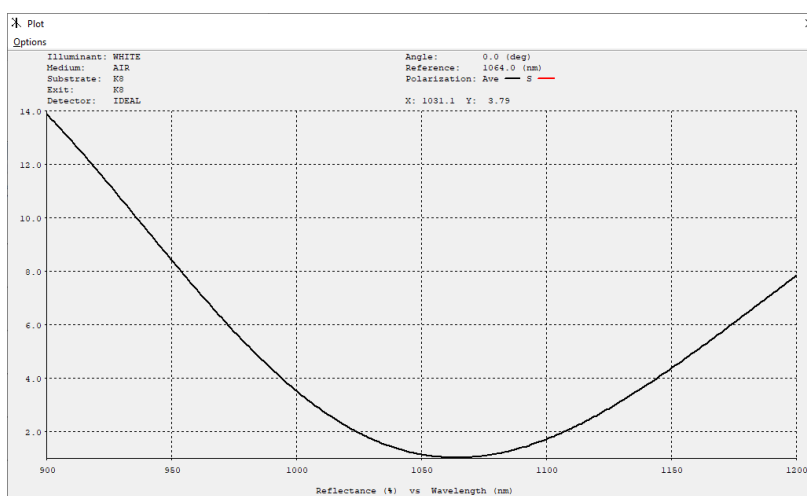


Рис. 1. Окно изображения кривой рассчитываемого покрытия

Из данного графика видно, что рассчитанное покрытие соответствует заданным спектральным характеристикам.

СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

УДК 539.125,535.3

РАСЧЕТ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО СОСТАВНОГО
ЛИНЗОВОГО ВОЛНОВОДА

Магистрант Балухо И. Н.

Кандидат физ.-мат. наук Дудчик Ю. И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.
Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

Область жесткого рентгеновского излучения характеризуется слабой преломляющей способностью некоторых материалов, что ограничивает допустимый радиус линзы. Для решения этой проблемы разработана составная преломляющая линза, состоящая из последовательности микролинз [1]. Большое число линз приводит к сложному характеру зависимости фокусного расстояния от числа отдельных микролинз, что является предметом исследования в данной работе.

Фокусное расстояние F в рентгеновском диапазоне длин волн отдельной линзы ($N = 1$) и сложной составной линзы, состоящей из N линз, рассчитывается по формуле в приближении геометрической оптики в модели тонкой линзы:

$$F = R / 2N\delta, \quad (1)$$

где R – радиус линзы; δ – единичный декремент показателя преломления.

Для линз с большим числом отдельных линз, расчет фокусного расстояния может быть выполнен численно в приближении геометрической оптики, так как длина волны рентгеновского излучения много меньше геометрических размеров линзы. Для расчета фокусного расстояния преломляющего составного линзового волновода разработана программа «X-Ray Lens», которая позволяет рассчитать и визуализировать прохождение лучей рентгеновского излучения через набор преломляющих линз. Выполнено моделирование в программе, с изменением количества отдельных линз N от 100 до 10 000 с шагом в 100 шт., без учета поглощения излучения материалом линз. Полученная зависимость фокусного расстояния линзового волновода в зависимости от количества линз показана на рис. 1.

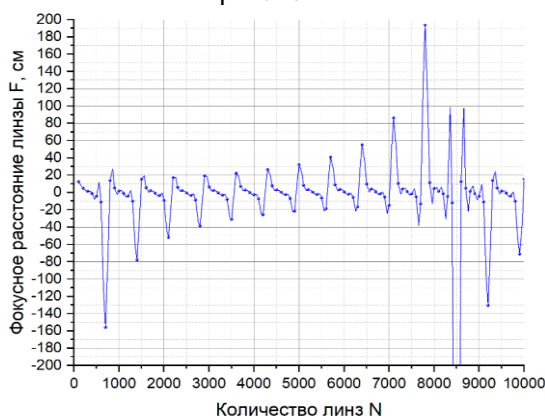


Рис. 1. Зависимость фокусного расстояния линзы от количества отдельных линз

Расчет распространения рентгеновского излучения через составную линзу показывает, что при числе линз более нескольких сотен, преломляющая структура выполняет роль рентгеновского линзового волновода

Литература

1. Преломляющая нейтронная линза / Н. Н. Кольчевский [и др.] // Приборостроение-2015 : материалы 8-й международной научно-технической конференции, Минск, 25–27 ноября 2015 г.: в 2 т. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 1. – С. 100–102.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИЙ СПУТНИКОВЫХ ГРУППИРОВОК

Магистрант Беглик В. В., магистрант Балухо И. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В околоземном пространстве работает большое число спутниковых систем: GPS, Galileo, ГЛОНАСС, Starlink и др. Создано программное обеспечение для моделирования эволюции спутниковых группировок в модели круговых орбит движения спутников. Программа отображает движение спутников в 3D-модели и в проективных плоскостях XY , XZ , YZ (рис. 1). Пользователь имеет возможность наблюдать расположение спутников в выбранный момент времени изменяя положение ползунка в нижней части окна, либо вводя нужное время в текстовое поле под графиками. Инструмент визуализации позволяет визуализировать в любой момент времени относительное положение спутников в пространстве.

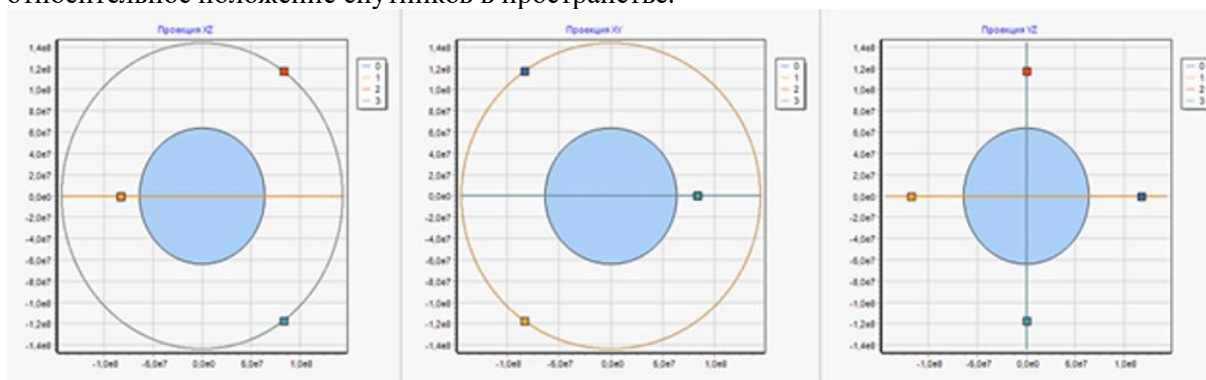


Рис. 1. Инструмент визуализации положения спутников в проекциях XY , XZ , YZ

Модель для визуализации построена с использованием графического движка GLScene, который позволяет создавать кроссплатформенные приложения на языках программирования Delphi, Free Pascal и C++. GLScene в качестве интерфейса программирования использует библиотеки OpenGL и VCL, является свободным программным обеспечением с открытым исходным кодом и распространяется с лицензией Mozilla Public License.

Рассмотрены 2 конфигурации спутников, которые периодически образуют правильный тетраэдр в пространстве. Идея первой конфигурации заключается в том, что 3 спутника вращаются по одной геостационарной орбите радиусом R_1 с разностью фаз в 120° , образуя равносторонний треугольник. Четвертый спутник вращается на ортогональной им орбите радиусом R_2 . Вторая конфигурация характеризуется тем, что 4 спутника находятся на 2 орбитах с одинаковым радиусом. На каждой орбите находятся по 2 спутника, отстающие друг от друга на $109,47^\circ$ по фазе. Обе орбиты являются ортогональными по отношению к друг другу. Для оценки времени существования и частоты формирования правильного тетраэдра в пространстве разработаны программы, позволяющий строить график зависимости объема четырехгранника от времени. Отношение периодов формирования тетраэдра между первой T_1 и второй конфигурацией T_2 будет равным:

$$T_1 = \sqrt[4]{8}T_2. \quad (1)$$

Результаты расчета по формуле 1 показывают, что оптимальной с точки зрения времени существования тетраэдра является вторая конфигурация.

Литература

1. Gravity detector based on constellation of satellites / V. V. Beglik [et al.] // Applied Problems of Optics, Informatics, Radiophysics and Condensed State Physics: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference devoted to the 120th anniversary of Academician Anton Nikiforovich Sevchenko, 18–19 May 2023, Minsk / Research Institute of Applied Physics Problems named after A. N. Sevchenko, Belarusian State University – Minsk, 2023. – P. 397–398.

УДК 681

РАЗРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ СТЕПЕНЕЙ ТЯЖЕСТИ ТЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ

Студенты гр. 4910 Бенчак Г. Ю., Жихарева В. Е., Леготкина Л. А., Шумилова М. Д.,
студент гр. 4911 Зайцева Е. А.

Кандидат мед. наук Бразовская Н. Г., кандидат мед. наук Калачева Т. П.
Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

Введение. В настоящее время хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) является социально значимым заболеванием и занимает третье место по смертности в мире.

Большое внимание фтизиатров и пульмонологов привлекает определение факторов, влияющих на степень тяжести течения ХОБЛ.

Цель. Выявить признаки, ассоциированные с тяжестью течения ХОБЛ, и построить оптимальную модель классификации.

Материалы и методы. В исследование было включено 64 пациента мужского пола от 40 до 70 лет (56 ± 9 лет) с установленным диагнозом ХОБЛ. Набор данных включал в себя анамнестические и антропометрические признаки, показатели кардиогемодинамики (трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ)), показатели, характеризующие функцию дыхательной системы (спирометрия), включая данные инструментальных методов исследования (компьютерная томография высокого разрешения).

Статистический анализ данных проводился с помощью пакета программ RStudio версии 4.3.1 и пакета прикладных программ Statistika 13.3.

Результаты. В зависимости от степени тяжести течения ХОБЛ по классификации GOLD 2014 обследуемые были разделены на две группы: в первую вошли 43 пациента с умеренной степенью тяжести ХОБЛ, во вторую – 21 пациент с тяжелой степенью тяжести ХОБЛ. Путем оценки межгрупповых сравнений были выделены ассоциированные с течением заболевания признаки, которые использовались в качестве предикторов для построения модели: результаты теста шестиминутной ходьбы (ТШХ), эхокардиографические параметры, включая давление в легочной артерии, а также данные компьютерной томографии высокого разрешения. Для построения моделей были использованы алгоритмы машинного обучения: бинарная логистическая регрессия и метод дерева решений.

В уравнении логистической регрессии были использованы предикторы: ТШХ, степень регургитации митрального клапана, наличие «воздушных ловушек», повышения давления в легочной артерии, признаков панлобулярной эмфиземы.

При помощи ROC-анализа выбрана оптимальная точка отсечения – 0,7. Чувствительность модели составила 77 %, специфичность 75 %, общий процент правильных решений – 77 %.

Для построения модели дерева решений были использованы предикторы: ТШХ, наличие «воздушных ловушек» и признаков панлобулярной эмфиземы.

Построенное дерево решений представляет собой в структурированном виде следующие правила классификации вида «если – то»: если $\text{ТШХ} < 335$, то группа 2; если $\text{ТШХ} \geq 335$, нет панлобулярная эмфиземы и «воздушных ловушек», то группа 1; если $\text{ТШХ} \geq 335$, есть панлобулярная эмфиземы и «воздушные ловушки», то группа 2.

Чувствительность модели составила 76 %, специфичность 88 %, общий процент правильных решений – 84 %.

Выводы. В результате проведенного исследования была выбрана наиболее оптимальная модель классификации – метод дерева решений, который обладает более высокими качествами классификации, чем модель логистической регрессии.

При построении моделей с помощью разных методов получен схожий набор признаков, ассоциированных со степенью тяжести течения ХОБЛ. Устойчивость результата подтверждает, что сформированный набор характеристик имеет прочные ассоциации с тяжестью течения заболевания.

WEB СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Магистрант Бойко Ф. В.^{1,2}, магистрант Балухо И. Н.³

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.³

¹Университет академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

³Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

В последнее время во всем мире резко возросла роль потребности в глобальных системах слеживания за ВС (воздушными судами) в режиме реального времени. Web системами слежения за ВС являются онлайн сервисы Flight Radar, Flight Aware и многие другие. Основными технологиями, которые использует все современные системы слежения для получения данных по полетной информации, являются автоматическое зависимое наблюдение в режиме радиовещания (ADS-B Automatic dependent surveillance – Broadcast) и мультилатерация (MLAT). А это требует установки большого количества наземных приемников, что соответствует стандартам ICAO (международная организация гражданской авиации) [1].

Наиболее известная система Flightradar24 [2] имеет крупнейшую сеть приемников ADS-B, в которую входит больше, чем 40 000 подключенных устройств. На территории Беларуси сейчас реально действующих – 48, многие из которых находятся в собственности радиолюбителей или владельцев онлайн сервисов.

Выполнена платная регистрация на сервисе Flightradar24 и получен доступ к информации о полетах на территории Республики Беларусь. Сравнительный анализ сервисов и официальной информации аэропортов показывает некоторые неточности и несовпадения текущих параметров полетной информации. На рис. 1, а представлена, рассчитанная по данным Flightradar24 диаграмма количества приемниками ADS-B по областям Республики Беларусь по состоянию на 08.02.2024, что соответствует расположению национальных аэропортов.

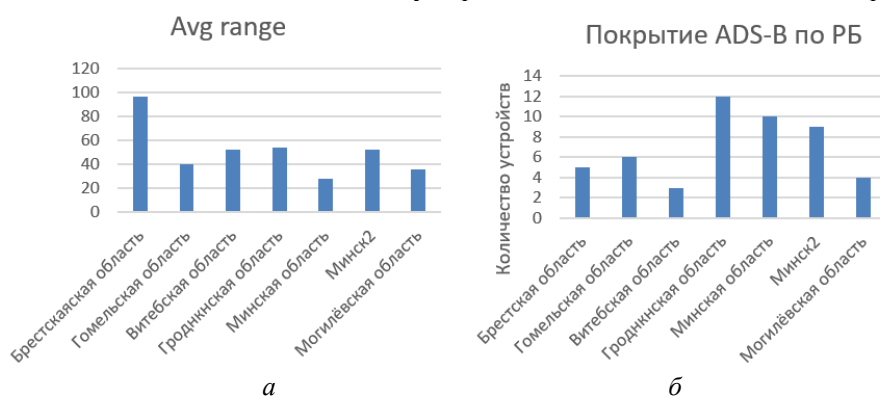


Рис. 1. а – диаграмма покрытия территории РБ по областям;
б – средний диапазон покрытия приемника ADS-B в NMI по областям по данным [2]

На рис. 1, б представлена информация о среднем диапазоне покрытия приемником ADS-B за 3 месяца. Видно, что плотность установки и диапазон покрытия полностью перекрывают всю страну и достаточны для обеспечения надежного слежения за ВС на территории РБ сторонними сервисами и наблюдателями.

Литература

1. ICAO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.icao.int>. – Дата доступа: 06.03.2024.
2. Flightradar24.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.flightradar24.com>. – Дата доступа: 06.03.2024.

УДК 620.1.08

СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ КРОВИ И СКОРОСТИ КРОВОТОКА

Студенты гр. 11305123 Володкович В. И., Кисляков Н. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бумай Ю. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Давление крови и скорость кровотока могут быть факторами обнаружения ряда болезней человека. В хирургической практике непосредственное измерение давления в полостях сердца производится с использованием катетеров, т. е. введения через один из крупных сосудов тонкого зонда, на конце которого находится миниатюрный электроманометр диаметром 1–2 мм. Датчиком в нем служит силиконовое сопротивление, соединенное с мембраной, воспринимающей внешнее давление. В клинике применяется бескровный способ измерения кровяного давления. Наиболее распространен метод измерения артериального давления по Н. Н. Короткову. Прослушивание звуков (тонов Короткова), сопровождающих турбулентное течение при прохождении крови по искусственно сжатой артерии, – начальные – соответствующие верхнему или систолическому, давлению (110–125 мм. рт. ст.), и конечные, в момент их резкого ослабления, соответствующие нижнему или диастолическому, давлению (60–80 мм. рт. ст.) в норме.

Работа, совершаемая сердцем, в основном складывается из работы при сокращении желудочков, главным образом левого. (Работа правого желудочка принимается равной 0,2–0,15 от работы левого). Энергия состоит из потенциальной энергии давления для преодоления сопротивления движению крови по всей сосудистой системе и кинетической энергии для сообщения массе крови необходимой скорости. При физической нагрузке работа сердца увеличивается более чем в 5 раз. При давлении, равном систолическому, кровь будет способна пробиться через сдавленную артерию – возникает турбулентное течение. Характерные тоны, сопровождающие этот процесс, прослушивает врач при измерении давления, располагая фонендоскоп (или тонометр) к артерии дистальнее манжеты (т. е. на большем расстоянии от сердца). Продолжая уменьшать давление в манжете, можно восстановить ламинарное течение крови, что заметно по резкому ослаблению прослушиваемых тонов. Давление в манжете, соответствующее восстановлению ламинарного течения в артерии, регистрируют как диастолическое.

Существует несколько методов определения скорости кровотока. Рассмотрим физические основы трех из них.

Изотопный метод. В локтевую вену вводится радиоактивное вещество и счетчиком регистрируют время прохождения определенного расстояния введенного радиоактивного вещества.

Ультразвуковой метод основан на эффекте Доплера. К поверхностному кровеносному сосуду, в котором необходимо определить параметры потока крови с помощью ультразвукового излучателя подводится (УЗ) энергия определенной частоты. Клетки протекающей крови отражают часть УЗ энергии, подаваемой излучателем, которая улавливается приемником. При перемещении клеток крови в сосуде изменяется частота УЗ. Разность частот пропорциональна скорости движущихся клеток крови, в основном эритроцитов.

Электромагнитный метод измерения скорости кровотока основан на отклонении движущихся зарядов в магнитном поле. Кровь, будучи электрически нейтральной системой, состоит из положительных и отрицательных ионов. Следовательно, движущаяся кровь является потоком заряженных частиц, которые перемещаются со скоростью. На движущийся электрический заряд в магнитном поле с магнитной индукцией действует сила Лоренца, перпендикулярная индукции магнитного поля и скорости. Около одной стенки кровеносного сосуда преобладает положительный заряд, около другой – отрицательный. Перераспределение зарядов по сечению сосуда вызовет появление электрического поля и, следовательно, силы Холла, компенсирующей силу Лоренца. Следовательно, скорость крови и представляет собой скорость движения ионов, в основном ионов плазмы крови, а не эритроцитов.

О НЕКОТОРЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ СОВРЕМЕННОЙ ОПТИКИ

Студент гр. 11311123 Гурина А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Математические методы применяются для анализа и описания различных явлений в оптике, позволяя эффективно моделировать и анализировать оптические системы. К популярным методам можно отнести матричные и интегральные.

С помощью матриц можно решать практические задачи оптики. Например, матрица преобразований лучей, полученная из геометрических соображений, почти точно предсказывает картину дифракции гауссова пучка. Введем систему декартовых координат (рис. 1). Траектория луча состоит из последовательности прямых линий. Выберем любую плоскость $z = \text{const}$, перпендикулярную оси z , и назовем ее опорной плоскостью (ОП). Тогда луч можно определить по отношению к ОП двумя параметрами: высотой y , на которой этот луч пересекает ОП, и углом, который он составляет с осью z . По отношению к любой ОП положение луча можно определить при помощи высоты y и угла ν данного луча. Заменяем ν оптическим направляющим косинусом $V = n\nu$, где n – показатель преломления среды.

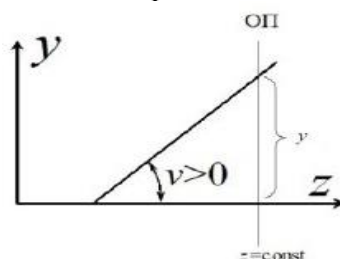


Рис. 1. Траектория луча в декартовых координатах

Вначале луч пересекает ОП1 и имеет значения параметров y_1 и V_1 , затем он проходит через оптический элемент и достигает ОП2, на которой он характеризуется высотой y_2 и углом V_2 . Найдем уравнения, устанавливающие связь величин y_2 и V_2 с величинами y_1 и V_1 и свойствами оптического элемента, расположенного между ОП1 и ОП2. Уравнения для двух оптических элементов можно записать в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} y_2 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ V_1 \end{bmatrix}.$$

Для того, чтобы получить общую матрицу преобразования лучей в оптической системе, следует умножить все матрицы элементарных перемещений и преломлений.

Интегральные методы также находят широкое применение в современной оптике. Например, интегралы используются для описания распространения света в оптических системах. Эти интегралы выражают фазу либо интенсивность световых волн на заданной траектории, например, путем интегрирования длины пути по определенной кривой. Одним из примеров является дифракционный интеграл Френеля. Взяв этот интеграл, можно рассчитать распределение амплитуды световой волны в плоскости наблюдения. Комплексная амплитуда вектора напряженности электрического поля равна:

$$\vec{E}(P) = \int_{\Sigma}^1 \vec{E}(M) \frac{\exp[i(\omega t - kr)]}{r} K(\varphi) d\sigma.$$

С помощью метода, основанного на использовании фейнмановских интегралов по траекториям, получены важные результаты, находящие применение в квантовой оптике:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \iint \dots \int dx_1 dx_2 \dots dx_N \Phi[x_1, x_2 \dots x_N],$$

где под $\Phi[x_1, x_2 \dots x_N]$ подразумевается соответствующая аппроксимация функционала $\Phi[x]$, а интегрирование же подразумевается по $x_1, x_2 \dots x_N$ от $-\infty$ до $+\infty$.

СИММЕТРИЧНЫЕ КРИПТОСИСТЕМЫ

Студент гр. 11307123 Дайлида А. В.

кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Симметричные криптосистемы – это криптосистемы, использующие алгоритмы симметричного шифрования, то есть это способ шифрования данных с одним криптографическим ключом как для кодирования, так и для декодирования информации [1]. В свою очередь алгоритмы симметричного шифрования подразделяются на потоковые и блочные.

Потоковое шифрование основано на замене каждого бита информации. Замещающий бит генерируется на основе ключа. На сегодняшний день актуальными остаются следующее алгоритмы потокового шифрования: HC-256, RC4, WAKE, Salsa20, SEAL.

Блочное шифрование основано на шифровании данных блоками одинаковой длины (например, 64, 128 бит). Если длина сообщения не кратна размеру блока, то система дополняет последний блок определенным набором символов, называемым дополнением. Актуальные блочные алгоритмы: Blowfish, RC5, NUSH, Twofish, AES, ГОСТ 28147-89, DES [2].

Одним из самых известных и легких симметричных потоковых шифров является шифр Цезаря. Его суть заключалась в сдвиге букв алфавита на некоторое количество. Сам Цезарь чаще всего использовал сдвиг на 3 вправо (А-Г, Б-Д...).

В истории можно выделить также метод шифрования информации «Решетка Кардано». Его суть заключалась в наложении на лист шифрованного текста дощечки с прорезями, в которых можно было прочесть истинное сообщение. Однако такой метод трудоемок для шифрования в силу того, что нужно придумать отвлекающий текст с частями исходного сообщения [3].

Наиболее распространенным и известным компьютерным алгоритмом шифрования является блочный алгоритм DEA, лежащий в основе DES (стандарт шифрования данных в США). Его суть заключается в последовательном преобразовании 64-битовых блоков:

$$Y, \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_{16}, Y^{-1}, \quad (1)$$

где Y – заданная подстановка; $\Phi_i = V_i T$ – преобразование Файстеля:

$$T(L, R) = (R, L) \text{ – перестановка левой и правой частей;}$$

$$V_i = V(L_i, R_i) = (L_i, R_i \oplus F(R_{i-1}, K_i)); \quad L_0 R_0; \quad L_i = R_{i-1}; \quad R_i = L_{i-1} \oplus F(R_{i-1}, K_i), \quad (i = 1, \dots, 16),$$

где K_i – ключи, получаемые на основе 56-битового секретного ключа K ; F – функция раунда.

Дешифрование реализуется на основе преобразований (1) и с помощью ключа K , такого, что ключи K_i генерируются в обратном порядке. Стоит заметить, что оригинальный алгоритм DEA был разработан для применения в виде микросхем, из-за чего программный код показывает себя очень медленным [4].

При сравнении симметричных и асимметричных криптосистем можно выделить достоинства и недостатки первых. К достоинствам симметричных криптосистем относятся простота и скорость шифрования, возможность использования коротких ключей со сравнительно высокой стойкостью, а к их недостаткам можно отнести сложность безопасной передачи ключа получателю шифра, а также плохая масштабируемость систем шифрования.

Литература

1. Энциклопедия Касперского [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/symmetric-encryption/>. – Дата доступа: 08.03.2024.
2. Гатчин, Ю. А. Основы криптографических алгоритмов. / Ю. А. Гатчин, А. Г. Коробейников. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 142 с.
3. Singh, S. The Code Book. Histoire des codes secrets: The Science of Secrecy from Ancient Egypt to Quantum Cryptography, De l'Égypte des pharaons à l'ordinateur quantique / S. Singh. – New York City: Doubleday, Knopf Doubleday Publishing Group, 1999. – 416 p.
4. Лекция кандидата техн. наук, доцента Ливак Е. Н. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mf.grsu.by/UchProc/livak/b_protect/zok_2.htm. – Дата доступа: 10.03.2024.

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОЦЕССОРОВ С 2010 ПО 2023 ГОДЫ

Студент гр. 11310123 Данилетский М. Г.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящей работе проведен анализ эволюции технологического процесса при производстве процессоров за последнее десятилетие. При производстве компьютерной техники технологический процесс измеряется в нм и в настоящее время технологический процесс ведущих фирм достигает уровня нескольких нанометров. Ранее цифры, характеризующие техпроцесс в нанометрах, соответствовали разрешению литографического оборудования, позднее это была длина затвора транзисторов, используемых в процессоре. Длина затвора сокращалась совместно с другими частями транзистора. Затем длину затвора стали сокращать быстрее, чем другие части транзистора. С тех пор связывать размер затвора с техпроцессом стало не совсем корректно, так как это уже не отражало реального увеличения плотности размещения транзисторов на кристалле. В настоящее время это более сложная характеристика [1]. То есть нанометровый процесс не описывает размеры транзисторов. Это условная цифра, означающая плотность размещения транзисторов относительно предыдущего техпроцесса [1].

Производство и особенности технологического процесса сохраняются в секрете, поэтому в настоящей работе мы не можем проанализировать физические принципы, лежащие в основе данных процессов, но мы можем проследить эволюцию технологического процесса за последнее десятилетие. На рис. 1 приведены данные по процессорам Intel core i7 [2], найденные в интернете. Для более точной интерпретации представленных данных на графиках приведены их линейные и квадратичные аппроксимации.

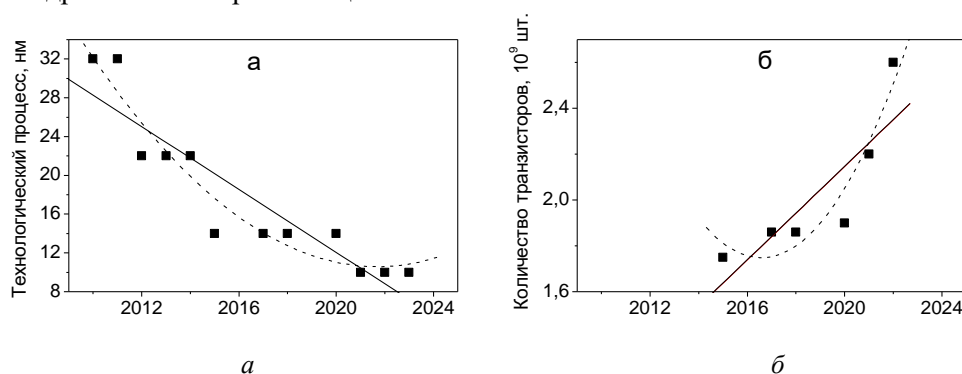


Рис. 1. Эволюция процессоров Intel Core i7: *а* – уровень техпроцесса; *б* – количество транзисторов, сплошные и штриховые линии соответствуют линейной и квадратичной аппроксимациям

Таким образом, в работе проанализирована эволюция технологического процесса на примере процессора Intel core i7 с точки зрения уровня технологического процесса и количества транзисторов. По приведенным графикам видно, что в эволюции количества транзисторов сохраняется линейная зависимость, для технологического процесса в последние годы наблюдается отклонения от линейной зависимости, то есть уменьшение уровня технологического процесса замедляется.

Литература

1. Что такое 10 нм, 7 нм или 5 нм в смартфоне? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://deerp-review.com/articles/what-is-nanometer-process/>. – Дата доступа: 03.03.2024.
2. Intel Core i710700K Processor 16M Cache up to 5.10 GHz Product Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/199335/intel-core-i7-10700k-processor-16m-cache-up-to-5-10-ghz.html>. – Дата доступа: 03.03.2024.

УДК 004.774

САЙТ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРОГРАММАХ FIGMA И VISUAL STUDIO CODE

Студент гр. 11309122 Добровольская С. А.

Магистр пед. наук Кондратьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основной задачей при создании онлайн-сайта готовой ювелирной продукции является представление возможным заказчикам ассортимента, стиля и дизайна изделий, созданной ювелирной коллекции. Это также хороший способ для повышения узнаваемости среди конкурентов, так как адрес сайта можно предоставлять на визитках и в сообщениях, где любой заинтересованный может ознакомиться с представленными ювелирными изделиями.

Для создания сайта ювелирных изделий было выбрано несколько программ, такие как Figma и Visual Studio Code. Они имеют расширенные возможности для работы с более точными запросами, удобны в использовании. Figma – является свободным и открытым приложением, а также веб-страницей, где можно создать макеты для сайта, брошюр, реклам и т. д. Figma позволяет смоделировать размещение тех или иных элементов. При помощи конструктора с расширенными настройками были реализованы все задумки для индивидуального макета [1]. Visual Studio Code – приложение для написания программного кода, в котором при помощи команд задаются размеры, размещение и возможности для каждого элемента на экране. Оно хорошо подходит для того, чтобы созданная внешняя оболочка сайта работала именно так, как запланировано.

В разработанном сайте ювелирной продукции созданы страницы «О нас» «Каталог» «Контакты». В файлы загружены фотографии ювелирных изделий, которые для пользователя будут служить кнопками при переходе на следующие страницы сайта. Для большей структурированности каталога были добавлены горизонтальные элементы, как подложки под текст, для отделения его от фона. Всего на одну рекламную страницу вставлено по 3 элемента. Шрифт выбран Inter, размер шрифта 24, ширина участка шрифта 214/58. Толщина шрифта на заголовке чуть больше, чем у основного текста. Заключительная страница «Контакты», где организовано взаимодействие с пользователем сайта, дает возможность клиенту прислать на электронную почту производителя письмо, для уточнения информации об ювелирных изделиях (рис. 1).

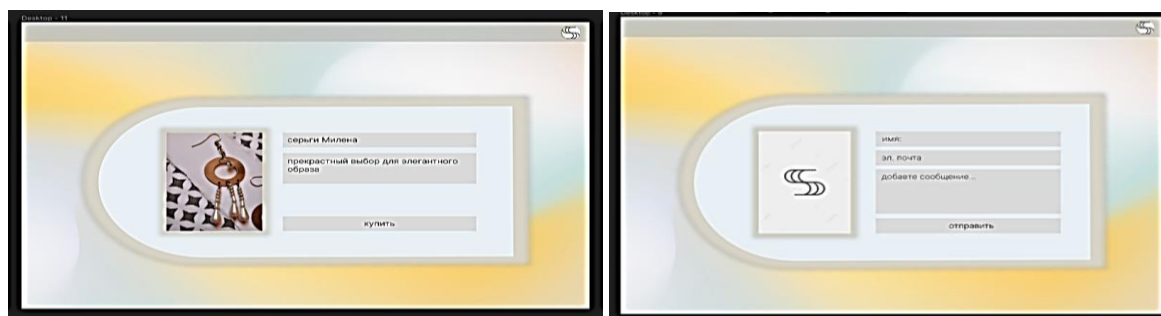


Рис. 1. Графическое отображение страницы готового изделия и страницы «Контакты»

По заданным в макете параметрам и функционалу, был создан веб-сайт <https://pkfzgjkbyf.github.io/index.html>, с возможностью продажи изделий и с наличием обратной связи с покупателем.

Литература

1. Интерфейс Figma [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tilda.education/articles-figma>. – Дата доступа: 03.03.2023.

УДК 532.685

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ОБРАЗЦОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ ВОДЫ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКОЙ

Студенты гр. 11309120 Коляда Е. А., Запольская К. В.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На протяжении жизненного цикла керамики происходит ее непрерывное взаимодействие с водой, одним из аспектов которого является абсорбция воды пористой структурой керамики. Параметры абсорбции важны для изучения структуры керамики и для датирования в археологии. В общем случае процесс абсорбции описывается уравнением $\Delta m \sim t^\alpha$, где Δm – изменение массы образца, t – время, $0 < \alpha < 1$. Значения $\alpha < 1/2$ соответствуют субдиффузионным режимам абсорбции, при которых она происходит с пониженной скоростью (по сравнению с нормальным режимом, описываемым законом Фика с $\alpha = 1/2$), а значения $\alpha > 1/2$ – супердиффузионным режимам с повышенной скоростью абсорбции. Абсорбция обычно исследуется весовым методом, для чего образцы подвергаются сушке (дегидратации), а затем периодически взвешиваются в условиях контролируемой влажности. В данной работе приводится сравнительный анализ методов сушки образцов с точки зрения их пригодности для оценки значений параметра α .

Образцы археологической керамики подвергались сушке тремя способами:

1. Тепловая сушка в печи на протяжении 5 часов при температуре 150 °С с последующим охлаждением в эксикаторе с силикагелем на протяжении 1 часа.
2. Тепловая сушка с режимами, описанными в п. 1, с охлаждением в процессе взвешивания.
3. Нетепловая сушка в эксикаторе с раствором серной кислоты.

Периодическое взвешивание образцов после сушки производилось с интервалом от 10 до 60 с на лабораторных весах с точностью 0,1 мг. Результаты передавались через интерфейс RS-232 на компьютер, сохранялись в файл и обрабатывались с помощью программы Mathcad.

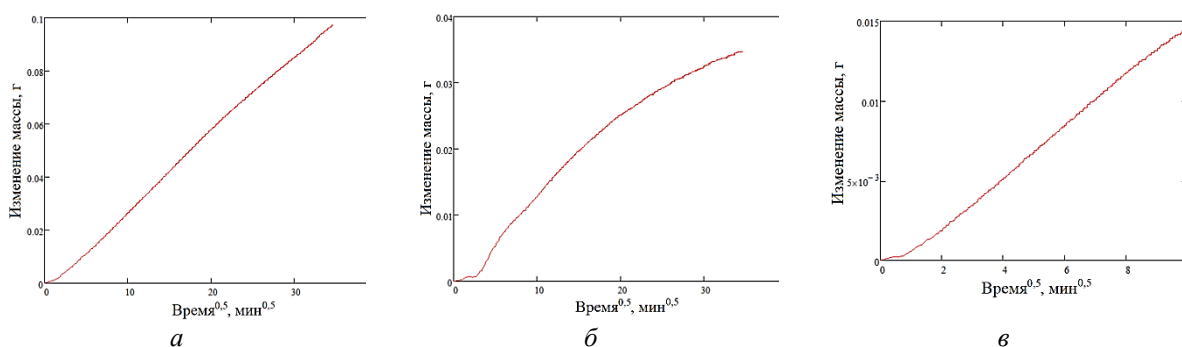


Рис. 1. Экспериментальные кривые абсорбции

Выводы: 1. При сушке 1-м способом кривая абсорбции имеет на начальном участке положительную кривизну (рис. 1, а), что может быть ошибочно интерпретировано как супердиффузия. Физическое объяснение этого явления состоит в наличии задержки между началом процесса абсорбции и началом процесса измерения. Величина этой задержки может быть приближенно определена на основе математической модели.

2. При сушке 2-м способом начальный участок кривой абсорбции имеет сложную форму с несколькими точками перегиба (рис. 1, б), что может быть связано с зависимостью скорости абсорбции от температуры. Для построения корректной математической модели кривой в этом случае потребуется информация о кинетике процесса охлаждения образца и зависимости между температурой и скоростью абсорбции, что требует проведения дополнительных экспериментальных исследований и делает данный способ сложным для практической реализации.

3. При сушке 3-м способом начальный «аномальный» участок кривой имеет наименьшую продолжительность (рис. 1, в), однако для применения данного способа требуется разработка адекватной математической модели кривой абсорбции.

Таким образом, наиболее перспективным способом сушки образцов с точки зрения оценки значений параметра α является нетепловая сушка.

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В АЗАРТНЫХ ИГРАХ

Студент гр. 10405223 Комяк Н. М.

Кандидат физ-мат. наук, доцент Прусова И. В.

Белорусский национально технический университет, Минск, Беларусь

В статье рассматривается возможность выигрыша в азартной игре «Блэкджек» с позиции теории вероятностей. Сделан вывод, подтверждающий основную гипотезу о выигрыше в азартных играх. Основные понятия:

Случайное событие – это событие, которое в результате испытания может как произойти, так и не произойти.

Единственно возможное событие – это события, для которых появление одного и только одного из них в данном испытании является достоверным событием. Равновозможные события одинаково возможны, если ни одно из них не является более возможным, чем другое.

Совместимые и несовместимые события. Два события называются несовместимыми, если возникновение одного из них исключает возникновение другого. В противном случае события называют совместимыми.

Классическое определение вероятности. Вероятностью события « a » называется отношение числа « m » элементарных исходов, благоприятствующих этому событию, к общему числу элементарных исходов испытания n

$$P(a) = m/n \quad (1)$$

Основные формулы комбинаторики:

$$P_n = n! = 1 * 2 * 3 * \dots * (n - 1) * n \quad (2)$$

$$A_n^m = n * (n - 1) * \dots * (n - m + 1) \quad (3)$$

$$C = A / P = n! / m! (n - m)! \quad (4)$$

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n \quad (5)$$

Чтобы полностью понять игру в блэкджек, нужно знать шансы, которые предлагает казино, и то, как эти шансы позволяют ему выиграть. Преимущество дилера в блэкджек заключается в том, что его рука раскрывается и добирается только тогда, когда все игроки заранее приняли решение. Это преимущество составляет 8 %. С помощью простой стратегии основанной на теории вероятности вы сможете превратить преимущество казино с 8 % в 0,5 %. Для начала рассмотрим вероятность перебора в зависимости от карт в руке. (табл. 1)

Таблица 1 – Вероятность перебора в зависимости от карт в руке

Рука	Вероятность перебора, %
21	100
20	92
19	85
18	77
17	69
16	62
15	58
14	56
13	39
12	31
11 и меньше	0

Теперь вероятность перебора у дилера в зависимости от карт в его руке (табл. 2). Первый столбец содержит карты, которые могут быть открыты у крупье. Во втором столбце шансы того, что он переберет. В третьем столбце шансы на выигрыш игрока в этих ситуациях. Пятёрка у дилера дает нам самое большое преимущество. Дилер обычно выигрывает, когда его карта десять очков, так как в этом случае наши шансы на победу минимальные.

Как вы можете знать, в блэкджеке используют 52 карты, но количество карт может различаться в разных вариантах игры. Как изменяются математические преимущества казино в зависимости от количества карт в игре можно увидеть на таблице (табл. 3).

Таблица 2 – Вероятность перебора у дилера и шансы игрока на победу

Карта	Шансы на перебор, %	Шансы на победу, %
A	11,65	-16
K	21,43	-16,9
Q	21,43	-16,9
J	21,43	-16,9
10	21,43	-16,9
9	23,34	-4,3
8	23,86	5,4
7	25,99	14,3
6	42,08	23,9
5	42,89	23,2
4	40,28	18
3	37,56	13,4
2	35,30	9,8

Наиболее выгодно играть в одноколодный блэкджек, а тяжелее всего в варианте с восемью колодами. Расхождение между этими цифрами может показаться весьма незначительным, однако любой опытный игрок в блэкджек прекрасно знает цену каждой сотой доли процента на длительном отрезке времени. Поэтому нужно учитывать малейшее преимущество и уметь его использовать.

Таблица 3 – Математическое преимущество, в зависимости от колод

Количество колод	Преимущество, %
Одна	0,04
Две	0,42
Четыре	0,61
Шесть	0,67
Восемь	0,70

Вывод: Знание математики, безусловно, полезно в азартных играх, но даже умелый расчет вероятности проигрыша и победы не всегда будет положительным. Если ваши выигрыши происходят в казино, они являются случайными событиями, и их повторение не может быть гарантировано. Желание увеличить прибыль приводит к погоне за очередным успехом и в этой погоне люди теряют все свои деньги, в том числе и выигранные. Чем больше ставок сделает игрок, тем больше математическое ожидание работает в пользу казино и тем быстрее он проиграет. Долгосрочная игра всегда приводит к проигрышу, независимо от математических навыков и удачи.

Литература

1. Введение в комбинаторику и теорию вероятностей, учебное пособие / М. Б. Гитман, Т. В. Останина, Е. Г. Цылова. – Пермь: ПНИПУ, 2015. – 109 с.
2. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. Письменный Д. Т. 3-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2008. – 288 с.

УДК 004.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Студент гр. 11307123 Коптур Т. И.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время рентгеновская компьютерная томография (КТ) является основным методом исследования внутренних органов человека. При проведении компьютерной томографии источник излучения и рентгеновский детектор вращаются вокруг пациента. Данные поступают в компьютер в виде серии измерений и обрабатываются с использованием интегральных преобразований.

Как известно, основной задачей при обработке сигнала является построение его математической модели. Данные с датчиков КТ – это детерминированные периодические полигармонические сигналы. Каждый такой сигнал может быть представлен в виде суммы гармонических ко-

лебаний с частотами, кратными фундаментальной частоте колебаний $f_p = 1/T_p$. Для этого достаточно разложить один период сигнала в ряд Фурье по тригонометрическим функциям с шагом по частоте, равным фундаментальной частоте колебаний $\Delta f = f_p$.

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right); s(t) = \sum_{k=0}^K (a_k \cos 2\pi k \Delta f t + b_k \sin 2\pi k \Delta f t), \quad (1)$$

$$a_0 = \left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T s(t) dt, \quad a_k = \left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T s(t) \cos 2\pi k \Delta f t dt, \quad b_k = \left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T s(t) \sin 2\pi k \Delta f t dt. \quad (2)$$

На практике в КТ применяют двумерное преобразование Радона, позволяющее восстанавливать многомерные функции по их интегральным характеристикам:

$$R(k, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, kx + b) dx, \quad (3)$$

где k – тангенс угла наклона относительно оси абсцисс прямой, вдоль которой проводится интегрирование, а b – координата пересечения прямой оси ординат. Преобразование Радона обладает важнейшим свойством обратимости, то есть оно предоставляет возможность восстанавливать исходную функцию по ее преобразованию Радона. Геометрически преобразование можно представить как интеграл от функции вдоль прямой, проведенной перпендикулярно вектору $\vec{n} = (\sin \alpha, \cos \alpha)$ и проходящей на расстоянии S от начала координат (рис. 1).

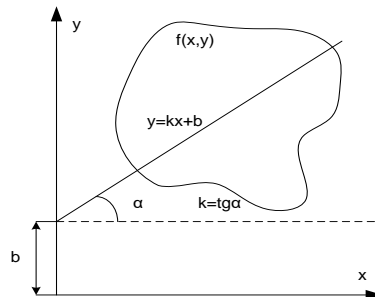


Рис. 1. Линейное преобразование Радона

Таким образом, благодаря интегральным преобразованиям стало возможным автоматически анализировать и преобразовывать физические данные, получаемые с датчиков, что открыло новые возможности в сфере приборостроения и компьютерной инженерии. Сама же компьютерная томография изменила методы диагностики и исследования онкологических и других опухолей в теле человека, а также заболеваний позвоночника и других частей скелета.

УДК 531

ЗАВИСИМОСТЬ УГЛА ОТРАЖЕНИЯ ОТ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ УПРУГОГО ШАРА

Студент гр. 10303123 Королецкий И. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Получена модельная зависимость угла отражения упругого шара от угла падения при наличии вращения. Рассмотрим случай, показанный на рис. 1, когда шар радиуса R падает под углом θ_1 на горизонтальную поверхность со скоростью v_1 , и угловой скоростью ω_1 . Пусть v_{y1} – вертикальная составляющая скорости падающего шара, а v_{x1} – горизонтальная составляющая. Мяч отскакивает с вертикальной скоростью v_{y2} , горизонтальной скоростью v_{x2} и угловой скоростью ω_2 . Каждая из компонент скорости относится к скорости центра масс мяча. Поверхность неподвижна. В общем случае, динамика удара описывается уравнениями:

$$m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 = \int_0^t (\vec{N} + \vec{F}) dt, \quad (1.1)$$

$$I\vec{\omega}_2 - I\vec{\omega}_1 = \int_0^t (\vec{M}_N + \vec{M}_F) dt, \quad (1.2)$$

где N , M_N – сила реакции опоры, момент силы реакции опоры; F , M_F – сила трения, ее момент; I – момент инерции шара. Общей теории удара, с учетом деформаций мяча, изменений видов силы трения, отсутствует. Во многих работах, например [1; 2], опираясь на эксперимент, ис-

пользуются различные приближения. В данной работе будем характеризовать отскок мяча радиуса R с помощью нормального коэффициента восстановления β_y и тангенциального коэффициента восстановления β_x , определяемых по формулам:

$$\beta_x = -\frac{(v_{x2} - R\omega_2)}{(v_{x1} - R\omega_1)}, \quad (2.1)$$

$$\beta_y = \frac{v_{y2}}{v_{y1}}. \quad (2.2)$$

Предположим, также выполнение закона сохранения момента импульса:

$$I\omega_1 + mRv_{x1} = I\omega_2 + mRv_{x2}. \quad (3)$$

Момент инерции шара $I = \alpha mR^2$. Тогда, формула (3) преобразуется к виду:

$$v_{x1} - v_{x2} = \alpha R(\omega_2 - \omega_1). \quad (4)$$

Из формул (2.1), (4) получаются выражения для скоростей шара после удара:

$$v_{x2} = v_{x1} \frac{1 - \alpha\beta_x}{1 + \alpha} + \alpha R\omega_1 \frac{1 + \beta_x}{1 + \alpha}, \quad (5.1)$$

$$\omega_2 = \frac{v_{x1}}{R} \frac{1 + \beta_x}{1 + \alpha} + \omega_1 \frac{\alpha - \beta_x}{1 + \alpha}. \quad (5.2)$$

Проводились расчеты для теннисного мяча толщиной 6 мм, радиусом $R = 3,35$ см, $\alpha = 0,55$, скорость $v_1 = 10$ м/с при различных коэффициентах восстановления, угловых скоростях вращения и углах падения θ_1 . Зависимость угла отражения от угла падения представлена на рис. 2, где 1 – при $R, \alpha = 0$; 2 – $\omega_1 = 0$; 3 – $\omega_1 = 30$ рад/с; 4 – $\omega_1 = 60$ рад/с.

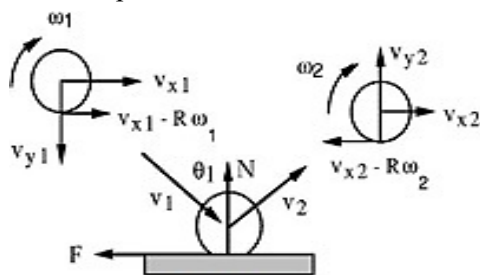


Рис. 1. Схематическое изображение падения шара

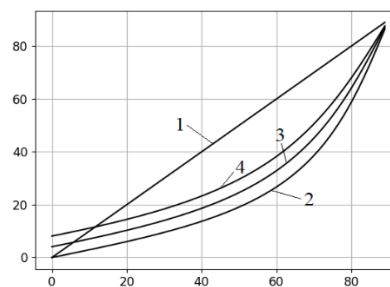


Рис. 2. Зависимость угла отражения от угла падения:
1 – при $R, \alpha = 0$; 2 – $\omega_1 = 0$; 3 – $\omega_1 = 30$ рад/с;
4 – $\omega_1 = 60$ рад/с

Литература

1. Cross, R. Grip-slip behavior of a bouncing ball / R. Cross // American Journal of Physics. – 2002. – Vol. 70, № 11. – С. 1093–1102.
2. Cross, R. Bounce of a spinning ball near normal incidence / R. Cross // American journal of physics. – 2005. – Vol. 73, № 10. – С. 914–920.

УДК 681

ОЦЕНКА РАДИУСА ПЯТНА КОНТАКТА СФЕРА–ПЛОСКОСТЬ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Магистрант 61315023 Красневский Д. Ю

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Трение и адгезия при контакте твердых тел накладывают серьезные ограничения на точность и конструкцию приборов. Особенно велико их влияние в микромеханических приборах [1]. Поэтому исследованиям взаимодействия твердых тел на микроучастках поверхности уделяется большое внимание. Для точной оценки параметров адгезии требуется оценить геометрические размеры контакта взаимодействующих тел.

Существует несколько подходов к определению радиуса пятна контакта a .

Наиболее распространенным способом оценки радиуса пятна контакта является теоретический расчет по формулам Герца. Для контакта сфера-плоскость твердых материалов:

$$a = \left(\frac{3PR}{4E^*} \right)^{1/3}, \quad (1)$$

где R – радиус шарика; P – нагрузка; $P = mg$; E – приведенный модуль Юнга

$$E^* = \left(\frac{1 - \nu_{\text{обр}}^2}{E_{\text{обр}}} + \frac{1 - \nu_{\text{ш}}^2}{E_{\text{ш}}} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где $E_{\text{обр}}$, $E_{\text{ш}}$ – модуль Юнга плоского образца и шарика соответственно; $\nu_{\text{обр}}$, $\nu_{\text{ш}}$ – коэффициент Пуассона плоского образца и шарика, соответственно.

Данная формула разработана для идеального случая гладких тел. Теоретические модели для учета таких факторов как шероховатость и упругость материалов были предложены И. Я. Штаерманом [2], и позже доработаны Б. П. Митрофановым [3], где приводится решение. Было предложено решение осесимметричной контактной задачи об упругом вдавливании сферы в пространство с граничным шероховатым слоем

$$\frac{1}{2} (\Theta'_1 + \Theta'_2) \int_F p dF + c\rho = \Delta - f(r), \quad (3)$$

где F – область круга касания; p – давление в области; Δ – сближение контактирующих тел; c – коэффициент, характеризующий деформационные свойства шероховатого слоя; $f(r)$ – функция, зависящая от геометрического очертания контактирующих тел.

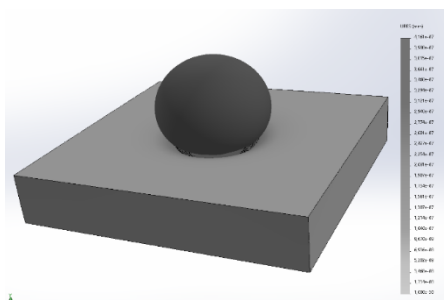


Рис. 1. Статическое исследование перемещения исследуемой пары образцов

Случай, когда $c = 0$ соответствует решению Герца для идеально гладких поверхностей. С ростом c увеличивается роль шероховатого слоя в процессе формирования ФПК, которая сводится к увеличению ее размеров и снижению величины максимального давления в центре площадки. Если оценивать степень равномерности распределения давления отношением максимальной величины к среднему значению, то учет шероховатости приводит к росту этого отношения, т. е. к снижению равномерности эпюры давления.

Для исследования поверхностной плотности работы адгезии, применяется два метода расчета радиуса пятна контакта: с применение САПР (Solidworks Simulation), и с методом расчет по Герцу.

В таблице 1 приведены результат расчета с образцом шарика диаметром 20 мм и массой 13,36 г.

При расчете с помощью Solidworks Simulation был произведен выбор размера сетки. Для этого проведены три симуляции с разным размером сетки (3 мм, 0,6 мм и 0,3 мм) при общей массе системы в 80 грамм, влияющий на конечное результат и выбрана сетка, при которой наблюдается наименьший разброс результатов.

Проведена симуляция при различной нагрузке на шарик и проведены расчеты по формуле Герца (1). Результаты расчетов представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1 – Результаты расчетов

Масса системы	Solidworks Simulation	Форм. Герц
80,00	24,642	22,190
77,38	24,244	21,945
75,00	23,854	21,718
70,00	23,071	21,224
67,63	22,738	20,982
65,95	22,414	20,806
65,00	22,260	20,706
60,00	21,418	20,161

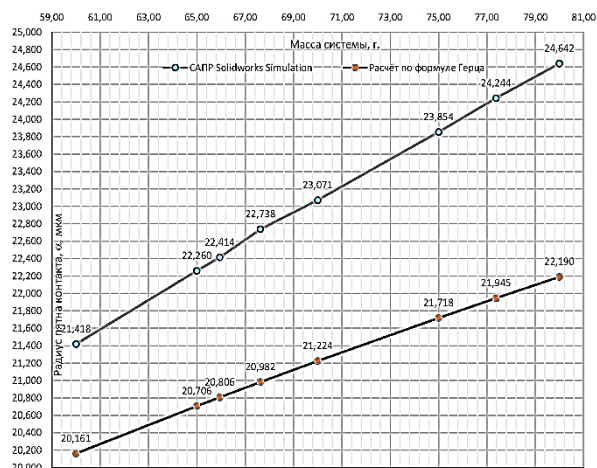


Рис. 2. Сравнение радиуса пятна контакта

Анализ полученных данных показывает, что отклонение результатов симуляции от теоретических результатов по формуле Герца лежит в интервале от 6 до 11 %.

Применение САПР позволяет упростить и визуализировать расчет контактных задач, а также позволяет оценить механических напряжения, возникающие в телах при данном контакте.

Литература

1. Джилавдари, И. З. Феноменологическая теория микрокачаний шарика на пятне контакта / И. З. Джилавдари, Н. Н. Ризноокая // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. – № 1. – С. 3–12.
2. Штаерман, И. Я. Контактная задача теории упругости. – М.-Л.: Гостехиздат, 1949. – 270 с.
3. Митрофанов, Б. П. Оссиметричная контактная задача для упругого тела с поверхностным слоем // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара по контактной жесткости в машиностроении. – Тбилиси: НТОМашпром ГССР, 1974. – С. 101–103.

УДК 004.451

СРАВНЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ LINUX И WINDOWS

Студент гр. 11303123 Кузнецов А. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время наиболее распространенной операционной системой (ОС) является Windows. Однако, среди продвинутых пользователей весьма часто используется ОС Linux. Привлекательность семейства ОС Linux обусловлена их бесплатностью и открытыми кодами [1]. Существует несколько разновидностей Linux. Разновидности Linux называют дистрибутивами. Наиболее популярными среди начинающих пользователей являются Ubuntu, Fedora и Mint. Эти дистрибутивы распространяются по свободной лицензии. Их установочные пакеты находятся в свободном доступе в интернете. Всего существует несколько сотен готовых ОС Linux.

В настоящей работе проведено сравнение ОС Windows и Linux. Для проведения такого сравнения на один компьютер было установлено две ОС: Windows 10 и дистрибутив Linux Mint 21.2. Установка двух ОС возможна благодаря тому, что в операционных системах Linux есть возможность распознать уже установленную Windows. Как известно, для загрузки ОС Windows используется специальная область жесткого диска, называемая MBR (Master Boot Record). Для Linux на жестком диске отводится специальная область, называемая GRUB (GRand Unified Bootloader). При установке Linux GRUB заменяет загрузчик Windows. GRUB сканирует диск, идентифицирует установленную на нем ОС Windows и запоминает адрес загрузчика. У пользователя на стадии загрузки появляется возможность выбора ОС. Если пользователь выберет Windows, а не Linux, GRUB передаст управление соответствующему загрузчику. Такая установка называется «рядом» (alongside) [1].

Для установки второй ОС был скачан ISO-образ Mint [2]. При создании загрузочной USB флешки использовалась утилита Rufus. Изначально на диске находились только том с Windows

и том с загрузчиком. Перед установкой Linux с помощью программы редактора разделов Grub2 было проведено сжатие области тома с Windows, благодаря чему освободилось место для записи GRUB и самой ОС Mint. В BIOS устанавливался приоритет загрузки с флешки. Далее устанавливался дистрибутив Mint с флешки [2].

За все время работы дистрибутив Mint продемонстрировал высокую стабильность работы и хорошее быстродействие. К достоинствам Linux можно отнести возможность установки на одном жестком диске двух и более ОС. В отличие от Windows ОС Mint потребляет сравнительно малые ресурсы компьютера, в том числе оперативную память и дисковое пространство. Это открывает возможности для использования данной ОС на старых или дешевых моделях компьютеров. ОС Linux показала высокую защищенность от вирусов. В Mint имеются большие возможности по настройке рабочего стола. Для Mint можно использовать большое число приложений, распространяемых по свободной лицензии, в том числе аналоги Word и Excel. Легко получить консультацию по интересующему вопросу благодаря большому количеству форумов. Некоторые программы предоставляют возможность работы в Linux с приложениями и файлами Windows. Достоинством системы также является возможность обновления до последних версий.

К недостаткам Mint следует отнести более высокие требования к пользователю с точки зрения знания компьютерных технологий, а также невозможность запуска некоторых игр и приложений, хотя в этом отношении ситуация меняется к лучшему.

Таким образом, в настоящей работе исследована возможность установки на один компьютер двух ОС, а также проведено сравнение ОС Windows и Linux Mint. Проанализированы достоинства и недостатки указанных ОС.

Литература

1. Операционная система Linux: кому подходит и для чего нужна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.geekbrains.by/operacionnaja-sistema-linux/>. – Дата доступа: 04.03.2024.

2. Linux Mint 21.3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://linuxmint.com/>. – Дата доступа: 04.03.2024.

УДК 546.28

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ЗАТВОРОМ ШОТТКИ В СХЕМЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Студент гр. 11303123 Кузнецов А. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Значительную часть современной электроники составляют полевые транзисторы с затвором Шоттки (ПТЗШ) на основе GaAs и интегральные микросхемы, в состав которых входят подобные транзисторы [1–3]. По сравнению с другими приборами, работающими в области до нескольких десятков гигагерц подобные транзисторы создаются, используя более простые и доступные технологии.

Для достижения наилучших рабочих параметров необходимо уметь определять параметры отдельных узлов транзисторов. К таким относится сопротивление истока R_s , называемое паразитным. При отработке технологий важно, чтобы оно было максимально низким, так как через него осуществляется отрицательная обратная связь, снижающая усиление.

В нескольких работах предложены методы определения величины R_s и величин сопротивления канала R_{ch} и сопротивления стока R_d . Наиболее простым и доступным представляется метод, предложенный в [3]. Величина R_s , согласно данному методу, определяется путем экстраполяции линейного участка на ось ординат в зависимости dV_{gs}/dI_d от обратного тока стока $1/I_d$:

$$dV_{gs}/dI_d = R_s + (nkT/I_d).$$

Здесь V_{gs} – напряжение между затвором и истоком; n – фактор идеальности барьера Шоттки; k – постоянная Больцмана; T – температура по шкале Кельвина; e – модуль заряда электрона.

Аналогичным путем определяется сопротивление стока R_d из зависимости dV_{ds}/dI_d , от обратного тока стока $1/I_d$. Кроме того, по линейному участку зависимости I_d от U_d можно определить

суммарное сопротивление истока, стока и канала $R = R_s + R_d + R_{ch}$, где R_{ch} – сопротивление канала при отсутствии смещения на затворе. По известным R_s , R_d и R можно определить R_{ch} .

Исследование указанных зависимостей, используя переменный ток, встречает серьезные затруднения. Дело в том, что при достижении некоторого напряжения на стоке происходит резкий спад тока стока, связанный с возникновением ВЧ генерации. Для предотвращения этого в схему приходится вводить индуктивности и конденсаторы, что приводит к значительному усложнению расчетов вследствие учета емкостного и индуктивного сопротивлений. При измерениях на постоянном токе соответствующие расчеты значительно проще. Величина производной определялась как отношение приращений соответствующих величин.

Исследовались транзисторы, полученные путем ионной имплантации атомов кислорода в полупроводящий GaAs. Барьер Шоттки формировался путем нанесения тонкого слоя алюминия. Сопротивления истока находились в интервале 3,5–5,1 Ом, сопротивления стока в интервале 4,6–7,2 Ом, а сопротивления канала в интервале 2,5–4,1 Ом. Эти данные хорошо коррелируют с ранее полученными при измерениях на переменном токе.

Литература

1. Шур, М. Современные приборы на основе арсенида галлия. – М.: «Мир», 1991. – 632 с.
2. Полевые транзисторы на арсениде галлия; под ред. Д. В. Ди Лоренца, Д. Д. Канделуола. – М.: Радио и связь, 1988. – 496 с.
3. Пожела, Ю. Физика быстродействующих транзисторов. – Вильнюс: Моклас, 1989. – 264 с.
4. Holmstrom, R. P. A gate probe method of determining parasitic resistance in MESFET's / R. P. Holmstrom, W. L. Bloss, J. Y. Chi // IEEE electron device letters. – 1986. – Vol. 7. – P. 410–412.

УДК 681

СРАВНЕНИЯ СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОФЭКТ И КОРРЕКЦИИ АТТЕНУАЦИИ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИОКАРДИАЛЬНОЙ ПЕРФУЗИИ

Студент гр. 4811 Куницын С. А.

Кандидат мед. наук Мочула А. В.

Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

Введение. Динамическая однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – современный неинвазивный метод количественной оценки состояния перфузии миокарда.

В настоящее время существует несколько моделей постобработки динамической ОФЭКТ – это модель одноканевого отсека (1TSM – 1-tissue compartment) и модель net retention (NR), с помощью которых можно оценить количественные показатели миокардиальной перфузии: миокардиальный кровоток (МК) и миокардиальный резерв (МР) [1–2]. Обе модели используют показатели концентрации перфузионного индикатора в ткани и в плазме артериальной крови для вычисления весовых коэффициентов. Однако модель NR обладает преимуществом перед моделью 1TSM, так как снижается требование к качеству динамических сцинтиграфических изображений, а также уменьшается требования к радиофармацевтическому препарату.

Еще один метод, используемый в постобработке данных динамической ОФЭКТ – это коррекция аттенуации (AC-attenuation correction). Этот метод используется для компенсации эффекта «затухания» гамма-квантов, проходящих через мягкие ткани организма, путем применения поправочных коэффициентов, для вычисления которых используются данные, полученные с помощью компьютерной томографии.

Существует много исследований, показывающих высокую диагностическую точность динамической ОФЭКТ [3–4], однако работы, исследующие влияние моделей постобработки на количественные показатели миокардиальной перфузии не так широко представлены.

Цель исследования. Сравнить модели постобработки динамической ОФЭКТ и коррекции аттенуации на количественные показатели миокардиальной перфузии.

Материалы и методы. В исследование были включены 235 пациентов, которым была проведена коронароангиография (КАГ) или коронарная компьютерная томографическая ангиография (ККТА) в течении трех месяцев после и до ОФЭКТ, соответственно. На основании дина-

мической ОФЭКТ, с использованием моделей 1TSM и NR, как с применением АС, так и без, были получены значения глобального и локального МК на фоне нагрузки и в состоянии покоя; абсолютного и относительного МР.

Сравнительный анализ моделей проводился с использованием метода Бланта-Альтмана. Диагностическую точность исследуемых моделей сравнивали с «золотым стандартом» – КАГ, с использованием ROC-анализа.

Результаты. Использование АС привело к более высоким значениям миокардиального кровотока и миокардиального резерва, полученным с помощью 1TSM, по сравнению со значениями, полученными с помощью 1TSM без использования АС. Самые низкие значения МК на фоне нагрузки и МК в покое были получены с помощью 1TSM без использования АС. МК в состоянии покоя, относительный и абсолютный МР были значимо ($p < 0,05$) выше в модели с использованием АС, чем в модели без использования АС. Все количественные данные динамической ОФЭКТ были значимо ($p < 0,05$) выше в модели NR без использования АС, чем в модели 1T без использования АС. Наконец, показатели МК на фоне нагрузки и в покое и относительный МР показали значительно ($p < 0,05$) более высокие значения при использовании 1TSM с использованием АС по сравнению с NR с использованием АС.

Выводы. Обе модели – 1TSM и NR – правильно отражают микроциркуляцию в коронарных сосудах и могут быть использованы в клинической практике для оценки количественной перфузии миокарда с помощью динамической ОФЭКТ. Коррекция аттенуации вносит наибольший вклад в результаты постобработки динамических данных ОФЭКТ и повышает согласованность и диагностическую точность представленных моделей.

Литература

1. SNMMI Cardiovascular Council Board of Directors; ASNC Board of Directors. Clinical quantification of myocardial blood flow using PET: joint position paper of the SNMMI cardiovascular council and the ASNC / V. L. Murthy [et al.] // J. Nucl Med. – 2018. – Vol. 59, № 2. – P. 273–293.
2. Comparison of clinical tools for measurements of regional stress and rest myocardial blood flow assessed with ^{13}N -ammonia PET/CT / P. J. Slomka [et al.] // Journal of Nuclear Medicine. – 2012. – Vol. 53, № 2. – P. 171–181.
3. Comparison between ^{13}N -PET and $^{99\text{mTc}}$ -Tetrofosmin-CZT SPECT in the evaluation of absolute myocardial blood flow and flow reserve / Giubbini R. [et al.] // Journal of Nuclear Cardiology. – 2021. – Vol. 28, № 5. – P. 1906–1918.
4. First validation of myocardial flow reserve assessed by dynamic $^{99\text{mTc}}$ -sestamibi CZT-SPECT camera: head to head comparison with ^{15}O -water PET and fractional flow reserve in patients with suspected coronary artery disease. The WATERDAY study / Agostini D. [et al.] // European journal of nuclear medicine and molecular imaging. – 2018. – Vol. 45. – P. 1079–1090.

УДК 621.396

ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Студентка гр. 11302123 Маковская В. М.

Кандидат физ.-мат. наук Красовский В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время все диапазоны электромагнитного излучения в целом освоены, но не в равной степени. Начало же было положено 160 лет назад теоретическими работами Дж. К. Максвелла, который пришел к выводу о существовании единого электромагнитного поля и электромагнитных волн. В 1888 году Г. Герц экспериментально это подтвердил. Возникла беспроводная телеграфия. Радиоволны для вещания стали применять с начала 20 века на длинных волнах, так как короткие для этой цели считались малоэффективными. Диапазон длинных волн оказался очень «тесным» даже для речевого радиовещания, так как модуляция приводит к уширению полосы на величину около 40 кГц (удвоенный интервал звуковых частот). Вскоре было выяснено, что дальняя радиосвязь оказывается более эффективной как раз на коротких волнах с длинами в несколько десятков метров. «Вместимость» коротковолнового диапазона по количеству одновременно передающих радиостанций велика. В области метровых волн стало возможно телевизионное вещание, развиваемое с середины 20 века. Освоение дециметровых

волн позволило значительно увеличить число телевизионных каналов. Далее последовала очередь СВЧ-излучения (сантиметровые и миллиметровые волны), интенсивно осваиваемого по настоящее время, например, создание 4G и 5G сетей мобильной связи. Существенно, что электрические цепи в этом частотном диапазоне являются цепями с распределенными параметрами.

Максвелл положил, что свет является электромагнитным излучением. Это к концу 19 столетия было однозначно экспериментально подтверждено. К этому времени уже была развита оптическая спектроскопия, было открыто существование инфракрасного (ИК, У. Гершель, 1800 г.) и ультрафиолетового (УФ, И. В. Риттер, 1801 г.) излучения. Инфракрасное (тепловое) излучение – электромагнитное излучение, которое по шкале длин волн простирается от $\sim 0,75$ мкм (граница с видимым диапазоном) до сотен микрометров (дальний инфракрасный диапазон). С увеличением длины волны возрастают сложности в детектировании ИК-излучения. Достаточно эффективные фотоприемники для дальнего ИК диапазона появились только в последние десятилетия [1].

Между описанными выше областями находится терагерцовый диапазон (ТГД) с частотами в интервале от 0,1 до 10 ТГц (по длинам волн от 3 до 0,03 мм, в связи с чем называется также субмиллиметровым). Сложность работы в этом диапазоне частот связана с так называемой «терагерцовой ямой»: мощность источников излучения падает при приближении к этой области как со стороны радиочастот, так и со стороны ИК диапазона. По закону смещения Вина тепловое излучение в ТГД соответствует температурам 1–100 К. Энергетическая светимость тел с такой температурой согласно закону Стефана–Больцмана крайне низкая. Вместе с тем огромное количество объектов во Вселенной имеют температуру в указанном интервале.

Освоение терагерцового диапазона актуально в областях астрономии и астрофизики, для создания систем радиовидения, систем безопасности, навигации, пассивной локации, экологического мониторинга. В медицине терагерцовое излучение используется в томографии и для воздействия на раковые клетки [2]. До недавнего времени в качестве приемников в ТГД использовались только диоды с барьером Шоттки в весьма энергозатратных схемах. Сейчас используют микроболометры на Bi , VO_x , и особенно на Nb , пирозлектрики. Наиболее эффективными являются ячейки Голея [3]. Для разных целей в качестве излучателей в ТГД используют лампу обратной волны, оротрон, гиротрон, лазер на свободных электронах [2]. На наш взгляд, перспективными излучателями являются генераторы на диодах Ганна и квантово-каскадные лазеры.

Литература

1. Михеев, С. В. Основы инфракрасной техники. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 127 с.
2. Григорьев, А. Д. Терагерцовая электроника / А. Д. Григорьев. – М.: Физматлит, 2020. – 305 с.
3. Гибин, И. С. Приемники излучения терагерцового диапазона (обзор). / И. С. Гибин, П. Е. Котляр // Успехи прикладной физики. – 2018. – Т. 6, № 2. – С. 117–129.

УДК 004.94

ПРИЛОЖЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛОВ

Студент гр. 11302123 Маковская В. М.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Эллиптические интегралы – класс специальных функций, которые появляются при вычислении интегралов, включающих эллиптические кривые. Эллиптическими интегралами в общем случае называются интегралы вида

$$\int (x, \sqrt{R}) dx, \quad (1)$$

где R – рациональная функция.

Интегралы подобного вида Адриен Мари Лежандр привел к трем родам канонических интегралов: а именно, к эллиптическим интегралам первого, второго и третьего рода.

Эллиптические интегралы применяются в физике, инженерии, аналитической геометрии, небесной механике, электромагнетизме и теории чисел. В практическом применении эллиптические интегралы используются для определения траектории орбиты планеты, вычисления пе-

рода математического маятника, решения задач в электромагнетизме, проектировании электрических цепей, антенн и спутниковых орбит.

Рассмотрим подробнее вопрос нахождения периода математического маятника с помощью эллиптического интеграла. Запишем уравнение полной энергии для математического маятника, если m – масса материальной точки, l – длина нити, θ – угол отклонения от положения равновесия:

$$\frac{1}{2}ml^2(\theta'(t))^2 - mgl(\cos\theta - \cos\theta_0) = 0. \quad (2)$$

В таком случае с помощью преобразований ($0 < \alpha < \pi$):

$$t = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{l}{g}} \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \frac{\theta_0}{2} - \sin^2 \frac{\theta}{2}}} d\theta. \quad (3)$$

Введем замену $\sin \frac{\theta}{2} = U \sin \frac{\theta_0}{2}$ и получим:

$$T = 4 \sqrt{\frac{l}{g}} \int_0^1 \frac{du}{(1-u^2)(1-u^2 \sin^2 \frac{\theta_0}{2})} = 4 \sqrt{\frac{l}{g}} E(k), \text{ при } k = \sin \frac{\theta_0}{2}. \quad (4)$$

Период математического маятника выражен с помощью эллиптического интеграла первого рода, причем период не зависит от угла максимального отклонения θ_0 . Эллиптический интеграл первого рода также применяется для описания движения регулятора Уатта, движения гироскопа и для расчета траектории движения сферического маятника.

Эллиптические кривые используются для многоуровневого шифрования. После шифрования файлов и папок симметричным алгоритмом AES, скрывают ключ, использованный на предыдущем шаге, ассиметричным алгоритмом на базе эллиптических кривых.

Эллиптические интегралы находят применение в механике для исследования износа трущихся поверхностей вращающихся дисков, напряженно-деформированного состояния гибкого консольного стержня, нагруженного следящей поперечной силой, свободных колебаний балок из физически нелинейного материала [1]. Данные интегралы также используются при исследовании электромагнетизма. Например, для создания модели электромагнитного излучателя на основе потока одиночных электронов внутри изогнутой углеродной нанотрубки (для вычисления длины кривой, которую представляет собой нанотрубка).

Литература

1. Акимов, В. А. Исследование износа трущихся поверхностей вращающихся дисков / В. А. Акимов // Машиностроение: Республиканский межведомственный сб. научн. трудов / БНТУ; редкол.: И. П. Филонов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Технопринт, 2003. – Вып. 19. – С. 579–584.

УДК 519.25

АНАЛИЗ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПСФ В 2022–2023 УЧЕБНОМ ГОДУ

Студент гр. 11303123 Максименко А. П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н., магистр пед. наук Кондратьева Н. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Профориентация очень важна, потому что помогает абитуриентам правильно выбирать направление для своего будущего профессионального развития. Это помогает им лучше понять свои сильные и слабые стороны, интересы и цели, и принимать более обоснованные решения относительно своей будущей карьеры. Профориентация также помогает абитуриентам избежать ошибок при выборе специальности и профилизации, а также установить для себя путь, который соответствует их навыкам, умениям и желаниям.

Студенты и преподаватели приборостроительного факультета посетили множество школ, гимназий и колледжей по всей стране. Наибольшее количество мероприятий было проведено в городе Минске (рис. 1), но, следует отметить, что были охвачены все области Беларуси – встречи с абитуриентами прошли в СШ № 1 и СШ № 4 города Осиповичи, СШ № 6 города Калинковичи, СШ а. г. Дворец, СШ № 3 города Березы, Малечском учебно-педагогический комплекс,

Порозовской СШ, Сеньковщинской СШ, СШ № 1 и № 2 города Докшицы, в Марьиной горке, гимназии города Хойники, Радошковичской СШ, СШ № 10 города Слонима, СШ № 1 города Солигорска, СШ № 3 города Смолевичи, СШ № 17 города Могилева, СШ № 4 города Лунинец, СШ № 17 города Орша. Также директорам школ города Минска и Минской области были разосланы 250 именных писем с информацией о днях открытых дверей кафедр ПСФ и специальностях факультета. Необходимо отметить, что результате проведенной работы в СШ № 1 г. Осиповичи открыта профильная группа инженерной направленности, а в Боровлянской СШ № 2 открыт профильный класс инженерной направленности.



Рис. 1. Распределение количества профориентационных мероприятий по регионам Беларуси

Как показал анализ проведенных мероприятий, в них приняло участие более 2 тысяч потенциальных абитуриентов. На графике ниже представлено их распределение по регионам Беларуси (рис. 2).



Рис. 2. Распределение количества участников профориентационных мероприятий по регионам Беларуси

Такие мероприятия помогают абитуриентам сделать осознанный выбор и подготовиться к поступлению.

УДК 531

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ МЕТОДОМ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ

Студент гр. 10301423 Новик И. И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В известной литературе по общей физике, стоячие волны рассматриваются как результат сложения двух встречных волн с одинаковыми частотами и амплитудами, образованные в результате отражения от преград. Однако, часто, часть энергии волны при отражении поглощается, и отраженная волна имеет меньшую амплитуду. В работе [1] рассмотрена стоячая волна, образованная при наложении встречных волн с различными амплитудами. Такая стоячая волна имеет несколько особенностей, и описывается уравнением:

$$S = \sqrt{A_{\text{fal}}^2 + A_{\text{ref}}^2 + 2A_{\text{fal}}A_{\text{ref}}\cos\left(\frac{4\pi}{\lambda}x\right)\cos\left(\omega t - \arctan\left(\frac{A_{\text{fal}} - A_{\text{ref}}}{A_{\text{fal}} + A_{\text{ref}}}\tan\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\right)\right)},$$

где A_{fal} , A_{ref} – амплитуды падающей, отраженной волны, λ – длина волны. Амплитуда, фаза волны зависят от координат. В точках среды, где колебания максимальны (пучности) амплитуда стоячей волны равна $A_{\text{max}} = (A_{\text{fal}} + A_{\text{ref}})$, а там где колебания минимальны (узлы) –

$A_{\min} = (A_{\text{fal}} - A_{\text{ref}})$. Это дает возможность, по измерению амплитуд колебаний в точках, где они минимальны и максимальны, определить коэффициент отражения: $R = \left(\frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{fal}}}\right)^2$. Если значения A_{max} , A_{min} измерены, то R можно рассчитать по формуле: $R = \left(\frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}\right)^2$. Для измерений, использовалась лабораторная установка, предназначенная для измерения скорости звука методом стоячей волны. Схема установки представлена на рис. 1.

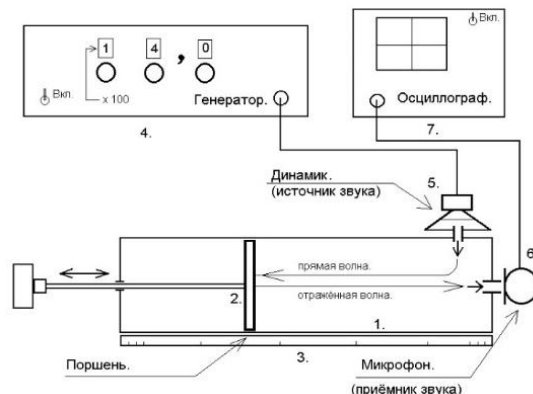


Рис. 1. Схема установки

Она состоит из полого цилиндра 1 с перемещающимся поршнем 2 и миллиметровой линейкой 3, звукового генератора 4, динамика 5, микрофона 6, осциллографа 7. Микрофон, укрепленный на конце трубы, превращает акустические колебания в электрические, они усиливаются осциллографом, на экране которого наблюдается зависимость электрического сигнала от времени. При определенных положениях поршня возникает стоячая волна. Процесс измерений заключался в следующем: перемещая поршень определялись два соседних положения поршня, при которых достигается максимальное значение сигнала на осциллографе. В этих положениях измерялась с экрана осциллографа A_{max} , затем примерно между этими положениями, находился минимум A_{min} . Результаты для различных частот, полученные с погрешностью $\sim 20\%$ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты для различных частот

Частота, Гц	A_{max} , отн.ед.	A_{min} , отн.ед.	R , %
1 400	2,0	0,2	67
1 600	2,0	0,3	55
1 900	1,1	0,2	45
2 000	1,2	0,1	71
2 500	1,4	0,1	75
3 000	0,8	0,1	60

Литература

1. Поддубный, А. В. Особенности стоячей волны при сложении волн с различными амплитудами / А. В. Поддубный, Д. С. Бобученко // Новые направления развития приборостроения: Материалы 17-й Междунар. научн.-техн. конф. молодых ученых и студентов. – Минск, 2024.

УДК 537.3; 539.2

ДВУМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Студент гр. 11301123 Овчинник Д. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Двумерным электронным газом называют такую систему электронов, в которой они движутся свободно только в двух направлениях в пространстве, а в третьем они помещены в энергетическую потенциальную яму. Для этого направления выполняется условие $d \leq \lambda$. Здесь d – характерный размер по данному направлению, λ – дебройлевская длина волны электрона [1–3]. Потенциал, ограничивающий движение электронов, может быть создан электрическим

полем. В полевых транзисторах поле создается путем подачи смещения на затвор. Встроенное поле можно создать на границе двух полупроводников с различными величинами запрещенных зон – на гетеропереходе.

Теоретически подобные ситуации, когда возникает ограничение в движении электронов в одном направлении, начали рассматривать в 30-е годы 20 столетия. Как это ни странно, проблема проводимости двумерного электронного газа сводится к довольно простой задаче о движении частицы в одномерной потенциальной яме, которая решалась уже в первых учебниках квантовой механики.

Более детальные исследования были выполнены в 50-х годах рядом авторов, в числе которых известный советский теоретик И. М. Лившиц. Они проводили теоретические исследования тонких металлических пленок.

Экспериментальные доказательства возникновения двумерного электронного газа при уменьшении толщины металлических пленок впервые были получены в работах советских исследователей В. Н. Луцкого, Д. Н. Корнеева, М. И. Елинсона и Ю. Ф. Огриня. Одновременно американские исследователи А. Фаулер, Ф. Фэнг, У. Ховард и П. Стайлс обнаружили двумерный газ в инверсионном канале кремниевых МДП-транзисторов.

Одной из причин, по которой следует перспективность исследования свойств двумерного газа заключается в том, что как показали дальнейшие исследования, подвижность электронов в нем заметно превышает подвижность в монокристаллах. Например, этот параметр превышает подвижность электронов в монокристаллах GaAs более, чем на порядок. Длина свободного пробега электронов достигает нескольких сотен нанометров. Это позволяет значительно увеличить рабочие частоты полупроводниковых приборов, прежде всего транзисторов. Высокая подвижность электронов объясняется их малой эффективной массой, а также тем, что в тонкую область, где формируется двумерный газ, практически не попадает примесных атомов, являющихся центрами рассеяния электронов.

Л. Есаки и Р. Тсу в 1969 г. предложили гетероструктуру AlGaAs–GaAs. В ней на приграничной области AlGaAs образуется положительный заряд за счет ионизированных атомов Si, введенных предварительно на расстояние в несколько десятков нанометров от границы. На этом расстоянии располагается легированная область AlGaAs, называемая спейсером. Электроны мигрируют из легированной области в GaAs. Они скапливаются в приграничной области GaAs, формируя отрицательный заряд, за счет их притяжения к отмеченному положительному заряду. На дне зоны проводимости GaAs, у которого запрещенная зона более узкая, чем у AlGaAs, образуется двухмерный электронный газ. Ширина этой области не превышает 70 нм. Таким образом осуществляется разделение в пространстве ионизированной примеси Si с двумерным электронным газом. Подобная структура используется в транзисторах с высокой подвижностью электронов (так называемых НЕМТ). В них с внешней стороны AlGaAs наносится металлический контакт (затвор), а внешняя область GaAs с высоким удельным сопротивлением легируется кремнием.

Литература

1. Андо, Т. Электронные свойства двумерных систем / Т. Андо, А. Фаулер, Ф. Стерн. – М.: Мир, 1985. – 416 с.
2. Пожела, Ю. Физика быстродействующих транзисторов. – Вильнюс: Мокслас, 1989. – 264 с.
3. Шур, М. Современные приборы на основе арсенида галлия. – М.: Мир, 1991. – 632 с.

УДК 531

ОСОБЕННОСТИ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ ПРИ СЛОЖЕНИИ ВОЛН С РАЗЛИЧНЫМИ АМПЛИТУДАМИ

Студент гр. 10301223 Поддубный А. В

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Существует множество устройств, в основе которых лежат свойства стоячих волн. Стоячие волны образуются в результате наложения двух или нескольких встречных бегущих волн одинаковой частоты. В литературе по общей физике [1; 2] рассматривается наложение волн с одинаковыми амплитудами. Но, ясно, что реально при отражении часть энергии падающей

волны поглощается и амплитуда отраженной волны становится меньше падающей, при сложении таких волн также образуется стоячая волна, которая частично переносит энергию.

В работе рассмотрены особенности стоячей волны при сложении волн, распространяющихся друг навстречу другу, с разными амплитудами. Уравнения бегущих волн:

$$S_1 = A_1 \cos(\omega t - kx), \quad S_2 = A_2 \cos(\omega t + kx),$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, λ – длина волны. При сложении этих волн возникнет гармоническая волна: $S = S_1 + S_2 = A \cos(\omega t - \varphi_0)$. Формулы для амплитуды A и для фазы φ_0 получаются, если разложить косинусы:

$$\begin{aligned} A_1 \cos \omega t \cos kx + A_1 \sin \omega t \sin kx + A_2 \cos \omega t \cos kx - A_2 \sin \omega t \sin kx = \\ = A \cos \omega t \cos \varphi_0 + A \sin \omega t \sin \varphi_0. \end{aligned}$$

Из-за произвольности рассматриваемого времени t для справедливости этого равенства необходимо, чтобы слагаемые при $\cos \omega t$ и $\sin \omega t$ были одинаковы. В результате, получим систему из двух уравнений:

$$(A_1 + A_2) \cos kx = A \cos \varphi_0, \quad (A_1 - A_2) \sin kx = A \sin \varphi_0.$$

Возведя в квадрат и сложив, получим формулу для амплитуды, разделив второе на первое – формулу для начальной фазы результирующей волны:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda}x\right)}, \quad \tan \varphi_0 = \frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right).$$

Следовательно, уравнение стоячей волны, полученной в результате сложения двух встречных волн одинаковой частоты и различными амплитудами имеет вид:

$$S = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda}x\right)} \cos\left(\omega t - \arctan\left(\frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\right)\right).$$

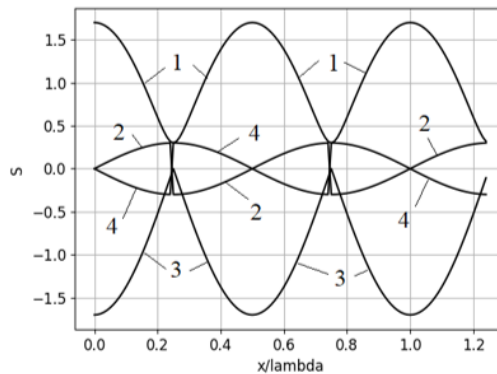


Рис. 1. Зависимости стоячей волны

Амплитуда и фаза волны зависят от координаты x . Графики стоячей волны, при $A_1 = 1,0$, $A_2 = 0,7$, для амплитуды (1), колебаний в различные моменты времени (2 – при $t = 0,25T$; 3 – $t = 0,5T$; 4 – при $t = 0,75T$, где T – период колебаний) от относительной координаты $\frac{x}{\lambda}$ представлены на рисунке. В точках среды, где амплитуда максимальна (пучность) $x_m = \pm m \frac{\lambda}{2}$, амплитуда равна $(A_1 + A_2)$, а точках среды, где амплитуда минимальна (узлы) $x_m = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{4}$, амплитуда равна $(A_1 - A_2)$. Таким образом, в рассмотренной стоячей волне в узлах амплитуда не равна нулю, и фаза волны зависит от координаты.

Литература

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т. / Д. В. Сивухин. – 5-е изд. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – Т. 3: Электричество. – 656 с.
2. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 5 кн. Кн. 1: учебное пособие для втузов / И. В. Савельев. – М.: АСТ Астрель, 2006. – 336 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ БУЛЕВЫХ АЛГЕБР К ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНЫМ СХЕМАМ

Студент гр. 11311123 Соколов А. С.

кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Булева алгебра – это раздел математики, занимающийся изучением операций с логическими значениями истинности. В фундаменте булевой алгебры находятся две особенно важные концепции: бинарное исчисление и отсутствие отрицательных значений. Два этих принципа в совокупности с набором базовых операций и законов делает из булевой алгебры мощное средство для моделирования и анализа логических систем. Под переключательной схемой рассматривают схематическое изображение определенного устройства, которое состоит из переключателей, соединительных проводников и полюсов схемы. При анализе и составлении переключательных схем используется аналитическая запись работы конкретных отдельно взятых элементов схем, а также работы всей схемы в целом. В запись не вносят разные вспомогательные элементы схем, которые напрямую не участвуют в создании самой логики схемы. В расчетах используются только два состояния переключателя («включен», либо «выключен»), которым устанавливается в соответствие соответствующее высказывание. Если высказывание «переключатель включен» истинно, то схема проводит ток.

Имеем, что любому высказыванию алгебры логики может быть поставлена в соответствие переключательная схема. Формулам же в свою очередь, включающим основные логические операции, также могут быть поставлены в соответствие переключательные схемы. Так, например, на рис. 1 представлена логическая функция, варианты реализации которой с помощью переключательных схем изображены на рис. 2.

$$y = x_1x_2x_4 + x_1x_3\bar{x}_4 + \bar{x}_1\bar{x}_4x_5 + \bar{x}_1x_4x_6 = x_1(x_2x_4 + x_3\bar{x}_4) + \bar{x}_1(\bar{x}_4x_5 + x_4x_6) = x_4(x_1x_2 + \bar{x}_1x_6) + \bar{x}_4(x_1x_3 + \bar{x}_1x_5)$$

Рис. 1. Логическая функция

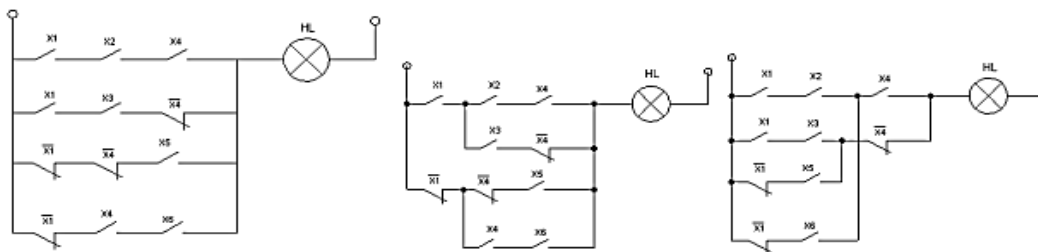


Рис. 2. Варианты представления логической функции

Сама алгебра переключательных схем, базирующаяся на алгебре логики, имеет законы, схожие с обычными законами алгебры. Так, для алгебры переключательных схем справедливы законы: переместительный и сочетательный, распределительный закон умножения относительно сложения, и законы повторения, инверсии, поглощения и склеивания для сложения и умножения. Алгоритм составления переключательных систем на контактных и бесконтактных элементах заключается в построении на основе некоторой базы элементов структурной схемы, реализующей заданный алгоритм функционирования. Порядок следующий:

- 1) назначение переменных входным и выходным сигналам;
- 2) составление системы булевых функций на основе словесно заданной задачи;
- 3) упрощение и минимизация выведенных функций;
- 4) преобразование полученных минимальных выражений в базис;
- 5) построение структурной схемы.

В работе была построена переключательная схема для оценки выступления кандидата на некотором шоу талантов.

УДК 531.383

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРИЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ
МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДУЛЯ MP65M**

Мл. научный сотрудник Стрельцов Д. С.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Современные системы ориентации все чаще используют микромеханические чувствительные элементы в качестве датчиков первичной информации. Это позволяет существенно уменьшить их размер по сравнению с полноразмерными механическими системами, построенными на роторных гироскопах. Микромеханические модули представляют собой сборку из шести датчиков: трех гироскопических датчиков угловой скорости и трех акселерометров, измеряющих кажущееся ускорение.

При таком подходе может снизиться точность измерений, при грамотно построенном алгоритме комплексирования измерений гироскопов и акселерометров это не является проблемой. Одним из методов работы с такими нестабильными и не очень точными измерениями является комплексирование измерений всех датчиков комплементарным фильтром.

Одним из таких модулей является микросхема *MP65M* [1]. Оси чувствительности датчиков направлены по стандарту, применимому к операционной системе *Android* [2]. Это позволяет не перенастраивать их для многих приложений, совместимых с этой операционной системой. Создана виртуальная приборная панель, показывающая условия полета, который моделируется по показаниям *MP65M* (рис. 1). Модуль показывает хорошую скорость работы по интерфейсу *SPI*, а также совместимость с программными кодами для модуля *MPU6050*. Совместимость экспериментально подтверждена проверкой работоспособности программы платой *Arduino nano* с обоими датчиками [3].



Рис. 1. Визуализация информации с модуля *MP65M* (встроен в модель самолета)

В работе показано, что на базе данного модуля могут быть решены задачи ориентации подвижного объекта с различными кинематическими параметрами

Таким образом, микромеханические модули имеют достаточную скорость работы и достаточную точность для многих применений. Их можно использовать для прототипирования реальных систем или проведения лабораторных работ.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Техническое описание MP65M. Datasheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inven-sense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>.
2. Position Sensors – Android developers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.android.com/develop/sensors-and-location/sensor/sensors_position.
3. GitHub-i2cdevlib.h/Arduino/Mpu6050/MadgwickAHRS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/MPU6050>.

УДК 004.023, 372.853, 372.851, 377.6

РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ФИЗИКЕ И МАТЕМАТИКЕМагистранты Тиханкова Д. И.^{1,2}, Балухо И. Н.³, аспирант Жукова М. Н.³,Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.³¹Университет академии наук Беларуси, Минск, Беларусь²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь³Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

Алгоритмическое мышление – это способность рассуждать и решать задачи, используя алгоритмы и систематические методы. Это означает, что человек, обладающий алгоритмическим мышлением, способен анализировать сложные задачи, разбивая их на более простые подзадачи и последовательно решая их. Основные принципы алгоритмического мышления – это декомпозиция, абстрагирование, приемы, логическое мышление, циклично вариативный подход, включающий многократные предположения, проверки и корректировки.

На основе данных подходов обучения были разработаны и внедрены программы «Счетчик» и «Тригонометрия» (рис. 1). Программу «Счетчик» можно использовать для всех учащихся, чтобы закрыть пробелы, на улучшение счетных навыков в умножении, сложении, вычитании и делении в различных диапазонах целых чисел. В «Тригонометрии» улучшить навык перевода градусов в радианы, быстрое вычисление значений углов в тригонометрических функциях, как на всей окружности, так и на ее части. Для каждой программы с помощью настроек можно индивидуально подобрать уровень сложности для каждого учащегося.

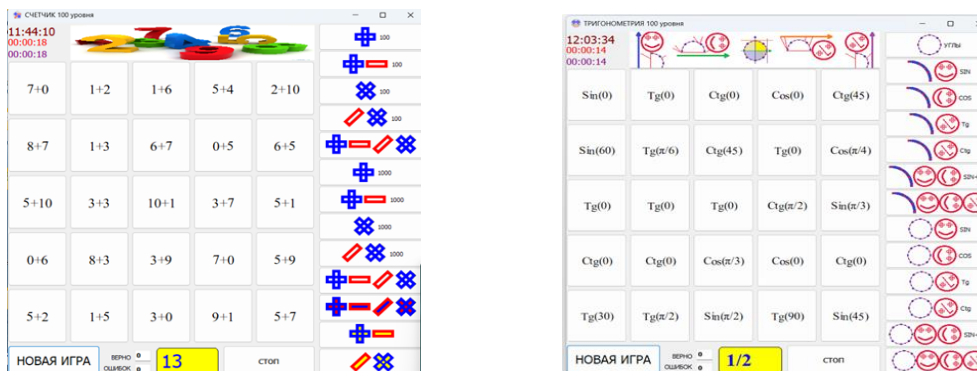


Рис. 1. Интерфейс программ для развития устного счета

Одним из основных преимуществ программного обеспечения для обучения алгоритмическому мышлению в физике и математике является его интерактивность. Учащиеся получают возможность взаимодействовать с заданиями и проблемами, применять свои знания на практике и наблюдать результаты своих действий. Такой подход делает обучение более эффективным и занимательным, стимулируя активное участие и интерес к предмету. Кроме того, программа обеспечения для обучения алгоритмическому мышлению в физике и математике позволяет детям работать в своем собственном темпе и на своем уровне сложности. Программа может адаптироваться к индивидуальным потребностям каждого учащегося, предлагая задания и материалы, соответствующие его уровню знаний и навыков. Такой подход содействует более эффективному усвоению материала и стимулирует к достижению новых результатов. В целом, программное обеспечение для обучения алгоритмическому мышлению в физике и математике является важным инструментом в развитии навыков учащихся в этих предметах. Учиться интересно и эффективно, когда современные технологии работают для нас.

Литература

1. Zhukava, M. N. Electronic educational technologies for development algorithmic thinking in physics and mathematics / M. N. Zhukava, I. N. Kolchevskay, N. N. Kolchevsky // Applied Problems of Optics, Informatics, Radiophysics and Condensed State Physics: Proceedings of the VII ISC devoted to the 120th anniversary of Academician Anton Nikiforovich Sevchenko, 18–19 May 2023, Minsk / NIU «Institute of Applied Physical Problems named after A. N. Sevchenko» BSU – Minsk, 2023. – P. 220–221.

УДК 535.247.4, 53.087.5

РЕГИСТРАЦИЯ ФОТОНОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИАПАЗОНА ПРИ ПОМОЩИ ПЗС МАТРИЦ

Магистранты Трапенюк Н. В.², Балухо И. Н.²Кандидат физ.-мат. наук Петлицкий А. Н.¹, кандидат физ.-мат. наук Дудчик Ю. И.²,
кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.²¹Государственный центр «Белмикросистемы» НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ»,
Минск, Беларусь²Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

Возможность применения ПЗС матриц, предназначенных для видимого диапазона, для регистрации фотонов высоких энергий, способна снизить стоимость ряда потенциальных экспериментов, требующих работу с излучениями высоких энергий. Проведен ряд экспериментов по облучению разных ПЗС матриц излучением рентгеновского диапазона при использовании рентгеновского источника излучения рентгеновской трубки с медным анодом. Помимо разрешения матрица характеризуется размером элемента, отдельно реагирующего на излучение, который представляет собой пиксель итогового изображения. При облучении ПЗС матриц, фотонами рентгеновского диапазона, наблюдаются редкие интенсивные отклики матрицы. Редкие интенсивные отклики являются зарядовым пакетом, создаваемые рентгеновскими фотонами и образующимися электронами, которые получив энергию от фотона, в дальнейшем создают электронную лавину, результатом которой будет активация одного или малой группы близких пикселей матрицы. Число пиков определяется спектром рентгеновского источника и квантовой эффективностью ПЗС матрицы.

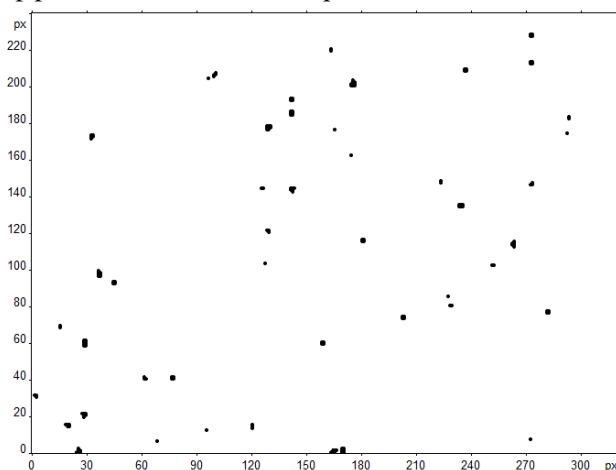


Рис. 1. Изображение с матрицы разрешением 240x320 при равномерной освещенности рентгеновским излучением после пороговой обработки

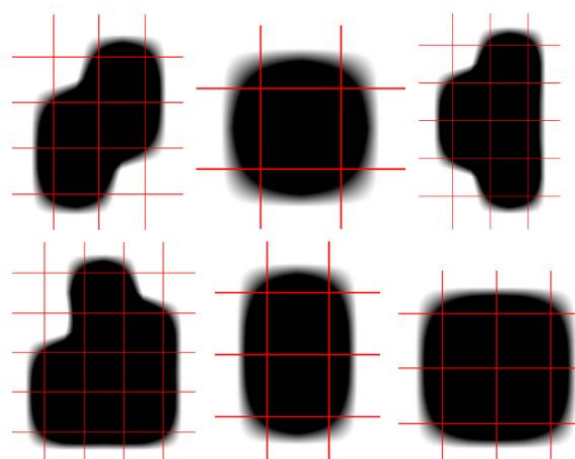


Рис. 2. Изображение видов групп активаций пикселей при попадании фотонов в матрицу с разрешением 240x320

Численными методами выполнена пороговая обработка, выделяющая рентгеновские фотоны на изображении рис. 1. На рис. 2 показана дискретная структура пиков, соответствующая отдельным фотонам. Группы пикселей отличаются симметрией и размерами (рис. 2), что объясняется спектром и расходимостью излучения рентгеновского источника.

Литература

1. MacDonald, K. A. X-ray Physics, Optics, and Applications / K. A. MacDonald // Princeton University Press. – 2017.
2. Ахманов, С. А. Введение в статистическую радиофизику и оптику / С. А. Ахманов, Ю. Е. Дьяков, А. С. Чиркин. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1981. – 640 с.
3. Рентгеновская оптика: современное состояние и области применения / Г. И. Грейсух [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 88 с.

УДК 681

ВЛИЯНИЕ УДАЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НА ХАРАКТЕР АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ

Аспирант Юхновская О. В.

Кандидат техн. наука, доцент Савкова Е. Н., кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Общие принципы использования функции распределения в статистике хорошо известны математикам [1], полученные зависимости можно обобщать их для построения распределений функции комплексного переменного. Более того, можно отметить, что для каждого распределительного результата классического многомерного гауссовского статистического анализа, полученного в закрытой (явной) форме, аналогичный анализ для комплексного гауссова также можно получить в закрытой (явной) форме с необходимыми параметрами.

Под многомерным распределением вероятностей будем понимать распределение двух или более случайных величин. Особенности такого распределения могут использоваться для удаления аномальных значений выборки, полученной прибором.

Будем рассматривать плотность мультиномального распределения вектора x величину, которая пропорциональна экспоненциальной функции вида:

$$e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)^T \cdot \Sigma^{-1} (x-\mu)}, \quad (1)$$

где Σ – симметричная положительно определенная матрица $p \times p$ действительных чисел, а p – длина вектора μ .

Под μ будем понимать вектор средних значений. Σ – матрица ковариаций.

Так, например, в двумерном случае матрица ковариаций имеет вид:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho\sigma_1\sigma_2 \\ \rho\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Так в трехмерном случае $\mu = \{\mu_1, \mu_2, \mu_3\}$:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & p_{12}\sigma_1\sigma_2 & p_{21}\sigma_1\sigma_3 \\ p_{12}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & p_{23}\sigma_2\sigma_3 \\ p_{21}\sigma_3\sigma_1 & p_{23}\sigma_3\sigma_2 & \sigma_3^2 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Популярность мультиномального распределения связана с возможностью его применения при обработке данных, полученных приборами и измерительными системами.

Исходные данные, полученные прибором, представлены графически на рис. 1.

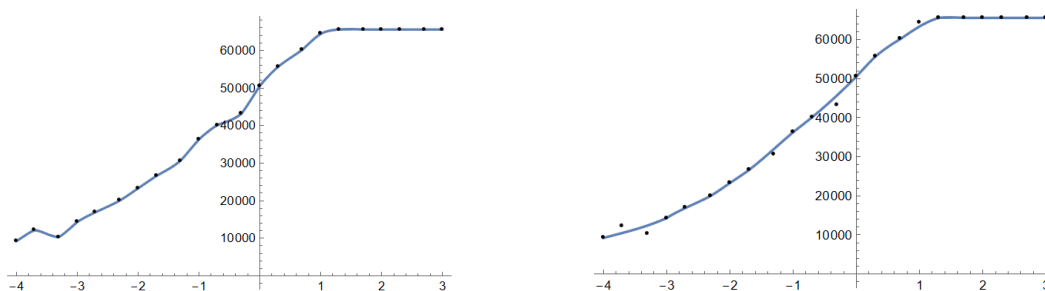


Рис. 1. Зависимость значений яркости в R-канале от времени для изохроматического образца сравнения типа «GRB». Аппроксимирующая функция в декартовых координатах

Из рис. 1 видно, что после удаления аномальных значений кривая, описывающая данные стала более гладкой.

Литература

1. Clustering with the multivariate normal inverse Gaussian distribution / A. O'Hagan [et al.] // Computational Statistics & Data Analysis. – 2016. – 93. – P. 18–30.

УДК 681

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Аспирант Юхновская О. В.

Кандидат техн. наук, доцент Пантелеев К. В., кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Задача автоматизации процесса определения аномальных значений данных, полученных приборами весьма актуальна [1; 2]. Так, например, в системах анализа данных зачастую возникают пропуски значений или выбросы в показаниях ввиду сбоев программного или аппаратного обеспечения. Для обеспечения эффективного анализа данных и программного принятия решений необходим учет данных, являющихся некорректными. Единицы статистической совокупности, у которых значения анализируемого признака существенно отклоняются от основного массива, являются аномальными, т. е. являются «грубыми ошибками» или выбросами. Возможны результаты, обусловленные, непосредственно, сбоями при измерениях или в процессе регистрации измерительных данных и др. Наличие аномальных результатов может привести к несоответствию предъявляемых требований к характеристикам системы. Поэтому выявлять и устранять такие значения при мониторинге работы прибора является необходимым.

В работе, на примере анализа данных, полученных при анализе распределения собственного и/или приобретенного в результате внешнего воздействия поверхностного электростатического потенциала, разработаны принципы статистического анализа отклонений и выявления аномалий в распределении значений измерительных данных. Обработке были подвергнуты исследования измерительных данных при сканировании распределения потенциала поверхности образца на основе фторопласта Ф-4, наполненного углеродным наноматериалом с помощью установки зондового картирования распределения поверхностно электростатического потенциала, разработанной и изготовленной в БНТУ [3].

Исходные данные, полученные прибором, представлены графически на рис. 1.

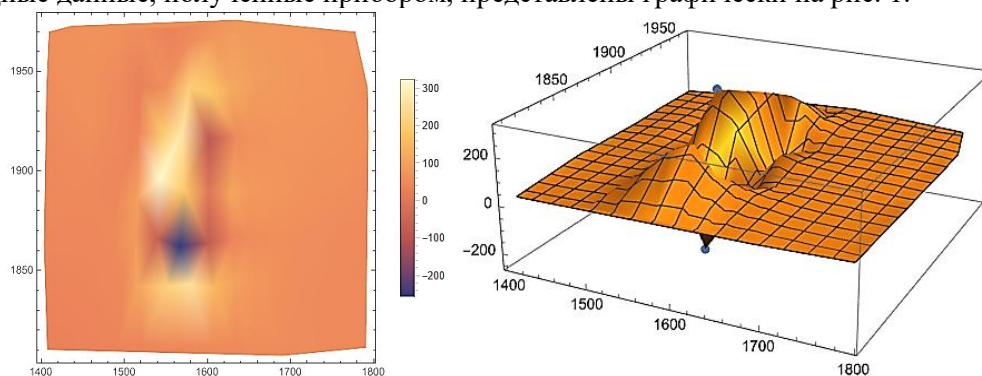


Рис. 1. Зависимость значений потенциала от декартовых координат. Аномальные значения

Определение аномальных значений осуществляется с помощью многомерного нормального распределения. Такой подход нахождения аномальных значений может быть применен последовательно для выборки при выявлении наиболее нехарактерных значений для исследуемой системы.

Литература

1. Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия / под ред. Ю. В. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 911 с.
2. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
3. Zharin, A. Determining the lifetime of minority charge carriers and iron impurity concentration in semiconductor structures with submicron layers / A. Zharin, K. Pantiayeyeu, A. Svistun, K. Tyavlovsky // Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering, 2020. – Vol. 2, Iss. 4, Article 3. – P. 17–21.

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОСФЕРА И МЕНЕДЖМЕНТ СПОРТА

УДК 796.021

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРЫЖКОВ

Студентка гр. 11904123 Бекар Е. Е.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Информационные технологии играют важную роль в современной системе подготовки спортсменов. Разработчики уделяют большое внимание созданию новых устройств и систем тестирования для анализа движений спортсменов.

В настоящее время на рынке присутствует множество различных устройств, помогающих тренерам повысить качество тренировочного процесса спортсменов.

Целью исследования является обзор существующих измерительных устройств для оценки вертикальных прыжков, характеризующих уровень специальной физической подготовленности спортсменов.

Анализ представленных на рынке устройств позволяет выделить различные их виды: системы со встроенными датчиками-акселерометрами; системы, использующие видеоанализ и тензоплатформы. Наиболее популярными из подобного вида систем, являются системы со встроенными датчиками-акселерометрами, предназначенные для оценки одного либо нескольких компонентов ускорения, имеющих высокие временные ограничения для последующей оценки скорости, мощности и скорости движения. Например, компания Xsens [1] предлагает систему измерения Xsens MVN Analyze. Она основана на использовании инерционных датчиков, биомеханической модели человека и анализе данных. Трекеры движения регистрируют сигнал и передают данные в систему. Благодаря биомеханической модели и разработанным алгоритмам сбора и обработки информации с датчиков, Xsens MVN Analyze обеспечивает точный анализ движений по показателям пространственной кинематики. Захват движений осуществляется с помощью специальных костюмов Xsens Link и Xsens Awinda. Система дает возможность анализировать перемещения 23 частей тела и 22 суставов включая углы, позиции и ускорения.

Система контроля физической активности WIMU использует датчик, который контролирует физическую активность спортсмена, анализирует данные в специальном программном обеспечении и выдает точные показатели в режиме реального времени [2].

Также можно отметить акселерометр «Myotest», необходимый для оценки прыжковой и силовой подготовленности, определения состояния нервно-мышечного аппарата спортсмена и позволяющий следить за изменениями физической подготовленности [3].

В системах видеоанализа запись движений ведется высокоскоростными видеокамерами. На теле спортсмена закрепляются инфракрасные датчики, чтобы отслеживать положение тела в пространстве. Среди систем, использующих видеоанализ можно выделить цифровую оптико-электронную измерительную систему SMART, SMART BTS Motion System – это система видеоанализа, работающая в комплексе с ЭМГ-устройствами и силовыми платформами [4].

Система HumanTrak компании VALD Performance отличается от других систем анализа движения тем, что она объединяет в себе инерционные датчики и камеру для более точного и полного захвата движения спортсмена [5]. Это позволяет не только оценить амплитуду движений и дисбаланс конечностей, но и отслеживать центр массы и колебания на 360° во время оценки баланса.

Также широко используются высокоточные тензоплатформы, которые благодаря заданной программе расчета позволяют автоматически выводить различные данные, такие как вес спортсмена, силу отталкивания, импульс силы, время нахождения в воздухе. Например, система ForceDecks состоит из двойных высокоточных тензоплатформ и программного обеспечения для автоматического анализа прыжковых и других тестов. В системе возможен анализ силы мышц, нейромышечной производительности, асимметрии левой и правой ноги, профиля движения [6].

Таким образом, мы видим, что на рынке присутствует множество различных систем тестирования для оценки движений, которые в том числе можно использовать и для оценки вертикальных прыжков.

Литература

1. Система захвата движений «Xsens» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.movella.com/products/xsens>. – Дата доступа: 20.10.2024.
2. Носимые трекеры «Wimu» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hudl.com/products/wimu>. – Дата доступа: 20.10.2024.
3. Акселерометр «Myotest» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.myotest.com/>. – Дата доступа: 20.10.2024.
4. Система захвата движения «SMART BTS Motion System» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://physiocom.ru/оборудование/функциональная-диагностика/item/43-bts-smart>. – Дата доступа: 20.10.2024.
5. Система оценки производительности спортсменов «HumanTrak» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valdperformance.com/products/humantrak>. – Дата доступа: 20.10.2024.
6. Динамометрическая платформа «Forcedecks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valdperformance.com/products/forcedecks>. – Дата доступа: 20.10.2024.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ ЗАЛА СОВЕЩАНИЙ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА «МИНСК»

Студент гр. 1192120 Белявский Н. А.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В связи с отсутствием системы видеоконференцсвязи в КЗ «МИНСК», изучено назначение видеоконференцсвязи, описаны основные элементы системы и подчеркнута удобство применения технологии. Проектирование системы видеоконференцсвязи для зала совещаний позволяет обеспечить эффективные коммуникационные процессы в рамках организации.

Основное назначение видеоконференцсвязи заключается в установлении видеосвязи и передаче аудио- и видеопотоков между удаленными участниками, делая возможным проведение совещаний и переговоров на расстоянии [1].

Основными элементами системы видеоконференцсвязи зала совещаний являются: 1) камеры: специальные устройства, позволяющие снимать видеопоток с разных точек зала совещаний. Камеры обеспечивают широкий обзор и передачу качественного видеоряда; 2) микрофоны: устройства для записи звука и передачи аудиопотоков. Они обеспечивают четкую и понятную передачу речи участников совещания; 3) дисплеи: большие мониторы, на которых отображается видеоряд с удаленными участниками. Дисплеи позволяют всем присутствующим видеть и слышать друг друга, создавая ощущение присутствия на совещании; 4) коммуникационное программное обеспечение: специальные программы и платформы, которые обеспечивают соединение и передачу аудио- и видеопотоков между удаленными участниками [2]. На рис. 1 представлена общая схема коммутации видеоконференцсвязи.

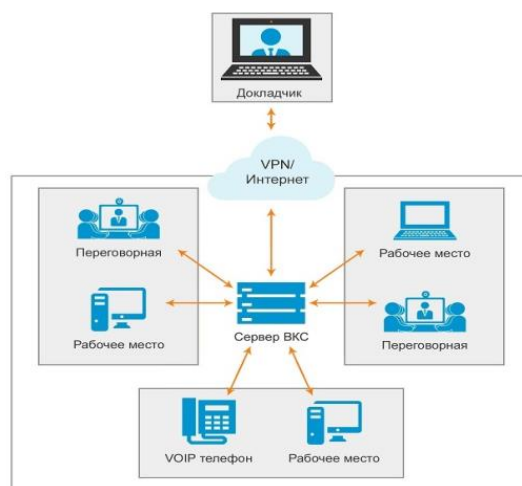


Рис. 1. Общая схема коммутации видеоконференцсвязи

Применение видеоконференцсвязи в зале совещаний КЗ «МИНСК» имеет ряд значительных преимуществ: 1) удобство: видеоконференцсвязь позволяет проводить совещания и переговоры без необходимости физического присутствия участников; 2) экономия времени и ресурсов: удаленное взаимодействие с помощью видеоконференцсвязи позволяет сократить затраты на перелеты, проживание и организацию командировок; 3) улучшение коммуникации: видеоконференцсвязь позволяет участникам совещания видеть и слышать друг друга, обеспечивая более глубокое и эффективное взаимодействие. Это способствует повышению качества принимаемых решений и ускоряет рабочие процессы.

Таким образом, проектирование системы видеоконференцсвязи зала совещаний КЗ «МИНСК» позволит существенно улучшить коммуникационные процессы и повысить эффективность работы организации, обеспечивая быстрое и качественное взаимодействие.

Литература

1. Баландин, Ф. В. Online-коммуникация как эффективно вести совещания, переговоры, вебинары и прямые эфиры / Ф. В. Баландин, Д. Е. Скворцов, Я. С. Малинцева, Ф. В. Васильев. – М.: Бомбора, 2022. – 268 с.
2. Дворкович, В. П. Цифровые видеоинформационные системы. Теория и практика / В. П. Дворкович, А. В. Дворкович. – М. : Техносфера, 2012. – 1008 с.

УДК 659.111

ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

Студент гр. 11902121 Бутько Е. А., Бычков П. В.

Ст. преподаватель Сергеевич П. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Спортивный менеджмент представляет собой комплексный подход к эффективному управлению организациями физкультурно-спортивной сферы в динамичной рыночной среде. Предметом спортивного менеджмента являются управленческие отношения, возникающие в процессе взаимодействия субъекта и объекта управления внутри спортивных организаций, а также при их взаимодействии с внешней средой. К субъектам управления относятся руководящий состав и менеджеры спортивных организаций, а объектом выступают разнообразные организации данного сектора: спортивные школы, клубы, команды, стадионы, фитнес-центры и спортивные федерации [1].

Главная цель менеджмента в исследуемой сфере заключается в обеспечении эффективного функционирования физкультурно-спортивных организаций. При этом эффективность деятельности спортивных организаций измеряется не только экономическими параметрами, но и социальными показателями, а также спортивными результатами, в том числе наличием высоких достижений. Это подразумевает ряд задач, включающих: управление спортивными организациями, командами, спортсменами и персоналом; организацию и проведение мероприятий различного масштаба; эффективное управление инфраструктурой; финансовое планирование, бюджетирование и контроль расходов; разработку и реализацию маркетинговых стратегий для продвижения услуг и программ; обеспечение безопасности и соответствия всем требованиям при проведении спортивных мероприятий; управление персоналом и создание благоприятных условий для работы; внедрение инновационных технологий; адаптация к постоянно меняющимся требованиям и условиям спортивного рынка.

Большинство физкультурно-спортивных организаций – неприбыльные, но это не означает отсутствия у них стратегии прибыли как элемента бизнеса. Они являются разновидностью некоммерческих организаций, которые стремятся получать доходы самостоятельно и направлять на собственное развитие.

Подходы к управлению прибыльной и неприбыльной организацией имеет свои особенности, которые заключаются в следующем: 1) многоцелевая направленность; 2) многоплановость связей с обществом; 3) преимущественно предоставление услуг; 4) общественный контроль и взаимоотношения с нерыночными факторами; 5) в основе существования находится спортивная миссия.

Реализация целей и задач спортивного менеджмента требует от специалистов глубокого понимания спортивной индустрии, владения навыками финансового управления и планирования,

маркетинга, управления командами и спортивными объектами, обеспечения безопасности и качества проведения соревнований. Важным аспектом является также способность адаптироваться к динамично меняющимся условиям и требованиям спортивного рынка [2].

В целом, спортивный менеджмент – это динамичная и многогранная область знаний и практической деятельности, направленная на обеспечение эффективного функционирования физкультурно-спортивных организаций и удовлетворение потребностей общества в качественных спортивных услугах.

Литература

1. Определение понятий: «спортивный менеджмент» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5410378/>. – Дата доступа: 19.03.2024.

2. Спортивный менеджмент. Принципы, функции, методы управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zapiski-o-sporte.blogspot.com/2014/02/blog-post_1875.html. – Дата доступа: 19.03.2024.

УДК 796.028

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА КРЫТОМ КАТКЕ ГУ «ХК «ЮНОСТЬ-МИНСК»

Студент гр. 11902120 Вербицкая А. В.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Объектом исследования является система видеонаблюдения Крытого катка ГУ «ХК «Юность-Минск».

Цель исследования: модернизация системы видеонаблюдения ГУ «ХК «Юность-Минск». Для достижения цели исследования необходимо: осуществить подбор оборудования, произвести сравнительный анализ действующего и нового оборудования, рассчитать стоимость новой системы, обосновать выбор оборудования и места его установки.

Система должна обеспечивать четкое и детальное изображение, чтобы можно было легко идентифицировать объекты и события. Необходимо установить камеры в ключевых точках для обеспечения полного обзора территории и повышения уровня безопасности. Система видеонаблюдения должна быть устойчивой к внешним воздействиям, таким как погодные условия, вандализм.

В ходе исследования, был проведен анализ действующего и нового оборудования. Главным фактором при модернизации видеонаблюдения является переход с аналоговой системы на цифровую. Система цифрового видеонаблюдения состоит из следующих компонентов: IP видеорегистратор, жесткий диск для видеозаписи, ЖК монитор, сетевой коммутатор, IP видеокамера, IP-сеть, кабель витая пара, трубка гофрированная. При выборе оборудования важно изучить все параметры, необходимые для надежной работы системы. Параметры видеонаблюдения – это набор настроек и характеристик, определяющих качество и функциональность системы видеонаблюдения. Параметры видеонаблюдения необходимы для настройки и оптимизации системы видеонаблюдения в соответствии с требованиями и условиями конкретной сцены наблюдения. Правильный выбор параметров позволяет получить качественное и информативное видео, а также снизить затраты на хранение и передачу данных.

Важными факторами при выборе являются зона опознавания человека и зона чтения автомобильного номера. Зона опознавания лица человека – часть зоны обзора камеры, в которой выполняются все критерии опознавания человека. Если лицо человека появляется в зоне опознавания человека, – человек может быть опознан с повышенной вероятностью. Зона чтения автомобильного номера – часть зоны обзора, в которой выполняются все критерии чтения автомобильного номера. Если автомобильный номер появляется в зоне чтения автомобильного номера, – он может быть прочитан и распознан.

В ходе исследования была разработана модернизация системы видеонаблюдения для крытого катка ХК «Юность-Минск» с учетом особенностей его использования.

БРОСКОВЫЙ ТРЕНАЖЕР-ЭСПАНДЕР ДЛЯ ХОККЕЯ

Студент гр. 11904120 Вербицкий А. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Комаровская В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из самых важных видов удара в хоккее является кистевой бросок. Именно с такого вида броска отдается большинство передач и эффективных ударов по шайбе. Тренажер для обучения кистевому броску должен быть не только эффективным, но и удобным в использовании. Наличие настраиваемой силы нагрузки позволяет адаптировать тренировки под разные уровни подготовки игроков, что делает тренажер универсальным инструментом как для начинающих спортсменов, так и для профессионалов [1].

Бросковый тренажер-эспандер является одним из таких инструментов, который позволяет улучшить технику удара, точность и силу бросков, а также развивает мышечную выносливость игроков. Тренажер состоит из электромеханического винтового привода, к которому крепится клюшка, и каркаса с установленным линейным приводом (актуатором). Он позволяет улучшить точность и силу бросков, а также развивает скоростно-силовую выносливость.

Одним из важных элементов броскового тренажера-эспандера является узел перемещения клюшки по горизонтали. Этот узел представляет собой инженерное решение, которое позволяет игрокам тренировать броски с различных положений, имитируя реальные игровые ситуации. Это помогает повысить реакцию игроков и развить инстинкты в решающие моменты матча.

Бросковый тренажер-эспандер для хоккея включает в себя шайбу официального стандарта, направляющие движения шайбы и устройство движения шайбы под нагрузкой с регулятором степени нагрузки (рис. 1).

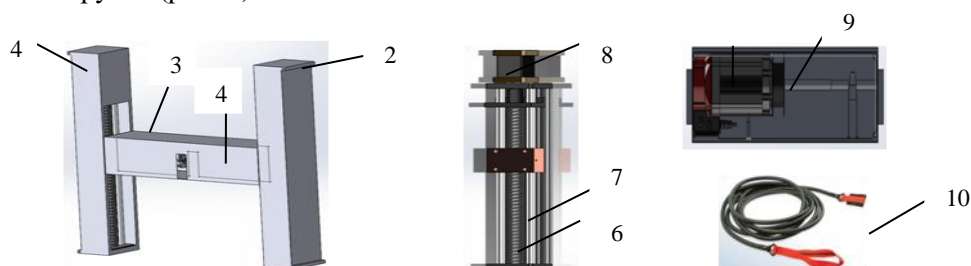


Рис. 1. Бросковый тренажер-эспандер для хоккея: 1 – несущие стойки; 2 – крышка несущих стоек; 3 – поперечная балка; 4 – крышка поперечной балки; 5 – винтовой привод с возвратным механизмом SFU1605; 6 – линейные приводы Liner Actuator LA23-10-000A; 7 – каретка; 8 – электродвигатели AC Servo Motor SGMAN-04AAA61D-OY; 9 – катушка; 10 – динамический трос

С помощью броскового силового тренажера игроки в состоянии улучшить свою подготовку в короткий срок, а именно увеличить силу удара, силу в плечах и предплечьях, что помогает развитию мышечной памяти и увеличению силы и скорости броска.

Тренажер позволяет как проводить тренировку для обучения «кистевому броску», так и улучшить технику удара для действующих спортсменов. Тренажер имеет настраиваемую силу нагрузки, что позволяет проходить обучение и тренировки в нескольких степенях сложности. Разработка конструкции броскового тренажера-эспандера для хоккея представляет собой важную задачу, направленную на совершенствование тренировочного процесса и повышение уровня подготовки хоккеистов. Проектируемый тренажер может стать неотъемлемой частью обучения и тренировок в любом хоккейном клубе, способствуя развитию игровых навыков и достижению высоких результатов на льду.

Литература

1. Броски шайбы в хоккее на льду: виды и техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metaratings.by/amp/sports-terms/broski-shayby-v-khokkee-na-ldu/>. – Дата доступа: 20.02.2024.

УДК 65.012.1+796.062

АМЕРИКАНСКАЯ, ЕВРОПЕЙСКАЯ И АЗИАТСКАЯ МОДЕЛИ МЕНЕДЖМЕНТА В СПОРТЕ, ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Студент гр. 11902121 Гарай В. В.

Кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Сфера спорта активно развивается, параллельно появляются и совершенствуются модели управления. В зарубежных моделях спорт рассматривается как на бизнес. Однако, одним из главных факторов в управлении и финансовом обеспечении спорта является ключевая позиция государства в определенных вопросах [2]. Исходя из цели данной работы, была выявлена специфика, составлен сравнительный анализ и изучена характеристика практического использования трех базовых моделей менеджмента: американской, европейской и азиатской. В ходе исследования выявлены общие и отличительные черты изучаемых моделей (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика американской, европейской и азиатской моделей менеджмента

Характеристики	Американская	Европейская	Азиатская
Виды спорта	Упор на наиболее популярные в виды спорта (бейсбол), а также на развитие традиционных профессиональных видов спорта	Развитие традиционных профессиональных видов спорта (баскетбол, бокс, футбол, хоккей и др.)	Развитие традиционных олимпийских видов спорта и уникальных азиатских
Принцип проведения соревнований	Коммерческо-константный. Упор на зрелищность и экономические выгоды для клубов	Спортивно-ротационный	Акцент на глобальную систему: на ценности, культуру, право
Менеджмент	Отдельные от любительского спорта, финансово независимые профессиональные спортивные лиги. Упор на социальные ценности американского общества	Объединение профессионального и любительского спорта в одну федерацию. Значительное влияние международных федераций	Развитие профессионального спорта в выбранных категориях. Государственное вмешательство
Отношение государства	Профессиональный спорт входит в систему государственной идеологии. Помощь по экономическим вопросам на государственном уровне.	Значительная экономическая помощь государственных структур и муниципальных советов	Высокоприоритетное и стратегически обусловленное. Инвестирует значительные ресурсы
Финансирование	Прибыль от проведения спортивных мероприятий. Источники идентичны европейским, но долевое участие существенно различается. Значима роль TV	Источники идентичны США. Распространено спонсорство и финансовая поддержка организаций и фондов, контролируемых государством	Финансовая поддержка государства, инвестиционный фонд спортивной индустрии
Система отбора	Через школьный и студенческий спорт. Широко используется система драфта	Через спорт высших достижений	Меритократия с учетом результатов на соревнованиях
Степень интернационализации	Относительно закрытая система. В отдельных видах спорта значительное количество спортсменов из других стран	Высокая степень интернационализации. Привлечение спортсменов из других стран	Относительно закрытая система

При выборе и составлении управления менеджмента в спорте необходимо учитывать стоящие перед спортивными организациями цели, особенности национальной культуры и менталитета не только на уровне всей организации, но и за ее пределами.

Литература

1. Алтухов, С. В. Ивент-менеджмент в спорте. Управление спортивными мероприятиями: учеб.-метод. пособие / С. В. Алтухов. – М: Советский спорт, 2013. – 27 с.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ КРЫТОГО КАТКА ДЮСШ

Студент гр. 11902121 Гарай В. В.

Ст. преподаватель Барановская Д. И., преп. Катибникова В. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Проектирование системы видеонаблюдения крытого катка предполагает под собой тщательное планирование, которое способно обеспечивать безопасность и защищенность помещения. Процесс проектирования включает оценку потребностей в наблюдении, выбор камеры, размещение камеры, изучение сетевой инфраструктуры, мониторинг и запись, интеграцию с системами безопасности, соответствие требованиям и конфиденциальность, удаленный доступ и просмотр с мобильных устройств, резервное копирование и резервирование, техническое обслуживание и содержание.

При обдуманном решении потребностей наблюдения, выбрав подходящее оборудование и объединив систему с другими мерами безопасности, можно обеспечить безопасную среду для посетителей и персонала катка.

В ходе исследования была разработана система видеонаблюдения для крытого катка. По всему периметру катка для внутреннего наблюдения использовались камеры китайской компании Hikvision [1], фокусирующиеся на инновациях, надежности и доступности своих систем видеонаблюдения. На рис. 1 представлена **2Мп Smart IP-камера данной компании.**



Рис. 1. IP-камера HikVision DS-2CD4025FWD-AP

Система видеонаблюдения обеспечивает цифровой видеозаписью изображения, которые получает от всех камер во время срабатывания видеодетектора, создает видеоархив длительностью 30 дней и более, дает возможность дистанционного локального просмотра изображения в режиме реального времени и видеоархива со всех камер системы при помощи удаленных рабочих станций, предусматривает работу распознавания лиц в режиме реального времени и отслеживание «оставленных предметов» на основе трека объектов.

Данные сетевые камеры запрашиваются от коммутатора, который поддерживает технологию Power-of-Ethernet (PoE).

Видеосигналы с камер подаются на входы коммутатора и далее по локальной сети передаются на коммутатор ядра сети, а затем на цифровые видеосерверы.

Литература

1. HIKVISION [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hikvision.ru>. – Дата доступа: 09.12.2023

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАТЕЖНО-ПРОПУСКНОЙ СИСТЕМЫ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА «МИНСК»

Студент гр. 11902120 Горбачев М. В.

Кандидат биол. наук, доцент Парамонова Н. А., ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью исследования является проектирование платежно-пропускной системы (ППС) концертного зала «Минск».

Концертный зал «Минск» один из крупнейших концертных залов страны, он рассчитан на 1 300 зрителей. Зал традиционно является площадкой, на которой проводят торжественные собрания, съезды, конференции, а также концерты. В настоящее время в нем отсутствует платежно-пропускная система, поэтому определение состава и особенностей использования учитывались необходимые параметры. Основные функции ППС: автоматизированный входной кон-

троль билетов; администрирование; управление мероприятиями; управленческий учет и отчетность; сезонные абонементы и фан-карты [1].

Для создания экономически обоснованной и адаптированной к условиям объекта платежно-пропускной системы предлагается следующее аппаратное обеспечение: преграждающие устройства пропускного пункта – турникеты; считыватели бесконтактных карт, брелоков; сетевые контроллеры; оборудование для расчетно-кассовых операций при продаже электронных пропусков; оборудование для автоматизации парковки; информационное табло; принтеры для печати на пластиковых картах.

Для проектирования платежно-пропускной системы проведем сравнение фирм, которые осуществляют производство элементов платежно-пропускной системы.

«Эртел» предлагает эффективные решения для комплексной автоматизации и обеспечения их безопасности. ППС, разработанная на основе их комплектующих, может быть использована для концертного зала «Минск».

В тоже время для рассмотрения к применению предлагается универсальная билетная система HighWay Media, которая обеспечивает удобный и понятный интерфейс для самостоятельной настройки и управления системой без привлечения разработчиков. Она также предлагает функции администрирования, генерации отчетов, продаж и возврата билетов, контроля доступа на мероприятия и проверки валидности билетов, а также сбора и обработки электронных данных о продажах.

Для платежно-пропускной системы важны следующие характеристики:

- надежность: система должна обеспечивать безопасность и защиту от мошенничества;
- удобство использования: система должна быть простой и понятной для пользователей;
- быстрое действие: система должна быстро обрабатывать платежи и предоставлять доступ к объекту;
- совместимость: система должна работать с различными типами карт и устройств;
- интеграция с другими системами: система должна легко интегрироваться с другими системами объекта;
- безопасность данных: система должна обеспечивать защиту персональных данных пользователей.

Выбор наиболее подходящей по параметрам системы будет осуществлен на следующем этапе проектирования.

Литература

1. Барановская, Д. И. Информационное обеспечение систем управления спортивных объектов / Д. И. Барановская, М. А. Петух, М. М. Салтанов. – Минск, 2019. – 185 с.

УДК 796.012.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К СИЛОВЫМ ТРЕНИРОВКАМ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ

Магистрант Дан Итун

Ст. преподаватель Дорошко А. С., кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С развитием концепции цифровой физической тренировки и технологии тестирования, ученые предлагают современные подходы к силовой тренировке, основанные на контроле скорости (Velocity Based Training, VBT). В настоящее время VBT является важным способом цифровизации силовых тренировок, получив широкое распространение в тяжелой атлетике и пауэрлифтинге.

Velocity Based Training – это метод, который позволяет отслеживать и корректировать силовую тренировочную нагрузку с помощью корреляции между скоростью и максимальным процентом силы, скоростью и количеством повторений движения, скоростью и утомлением [1]. VBT позволяет задавать скорость вместо жестко зафиксированного числа повторений, контролировать интенсивность нагрузки и уровень утомления.

По сравнению с традиционными силовыми тренировками, VBT может количественно оценивать и контролировать интенсивность силовых тренировок в режиме реального времени на основе корреляции скорости действия с %1RM. VBT основан на том, что скорость подвижной

нагрузки спортсменов соотносится с оптимальным весом силовой тренировки, позволяя выявлять снижение скорости движений и уровень утомления.

Рассматриваемый метод обладает характеристиками точности, оперативности и универсальности, является более эффективным, чем традиционные подходы, основанные на максимальной силовой тренировочной нагрузке. Преимущества данного метода: 1) определение ежедневной готовности к нагрузке с помощью профиля и авторегуляции интенсивности; 2) расчетное определение 1ПМ в базовом движении с помощью профиля без выхода на максимальные веса; 3) определение повторов в резерве в каждом подходе с помощью минимального порога скорости и предотвращение отказных повторов; 4) определение минимальной эффективной дозировки нагрузки; 5) контроль падения скорости от повтора к повтору в подходе. Исследуемый метод физической подготовки позволяет избегать чрезмерного напряжения, тем самым, повышая эффективность тренировки.

Исследователи в этой области считают, что данный подход можно использовать в качестве вспомогательного средства в сочетании с традиционным обучением. Например, визуальная или вербальная обратная связь может быть предоставлена спортсменам с целью повышения мотивации, конкурентоспособности и улучшения спортивных результатов [2].

В то же время VBT рассматривается и как форма «автоматического регулирования», которая является одновременно и методом обучения, и средством мониторинга [3]. Тренеры могут использовать различные интервалы нагрузки для проведения силовых тренировок в определенной области в соответствии с целью подготовки.

Большое количество исследований показало, что мониторинг скорости движения в силовых тренировках позволяет более точно, объективно и количественно оценить интенсивность силовых тренировок, подобрать оптимальный угол и глубину выполняемых движений, а также в дальнейшем усовершенствовать систему мониторинга.

Литература

1. Ци, И. Концепция, развитие и практика цифровой физической подготовки / Ю. Ци, Л. Тин, З. Юйцзя // Наука о физическом воспитании. – 2018. – Т. 38, вып. 11. – С. 3–16.
2. Скоростной тренинг: от теории к применению / Дж. Уикли [и др.] // Журнал «Сила и физическая подготовка». – 2020. – С. 46–47.
3. Манн, Д. Б. Скоростные тренировки в футболе / Д. Б. Манн, А. Айви, С. Сэйрс // Силовой и кондиционный журнал. – 2015. – Т. 37, вып. 6. – С. 52–57.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СОК «ОЛИМПИЙСКИЙ»

Студент гр. 11902120 Дудаль Г. В.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель исследования – разработка центральной диспетчерской СОК «Олимпийский».

Система диспетчеризации – это набор аппаратных и программных средств для централизованного контроля за технологическими процессами, инженерными системами, системами энергоснабжения и снабжения сырьевыми ресурсами. Информация обо всем оборудовании, подключенном к системе диспетчеризации, выводится на экран компьютера рабочего места оператора-диспетчера в режиме реального времени.

Система диспетчеризации позволяет организовать плотное взаимодействие между различными подсистемами инженерного оборудования, она также выполняет автоматизированный оперативный контроль и управление. Необходимость создания подобной системы очевидна. Использование системы диспетчеризации тем оправданнее, чем шире спектр инженерного оборудования объекта.

Диспетчеризация инженерных систем может быть реализована на локальном или дистанционном уровне. Локальная диспетчеризация обеспечивает сбор данных от одной или нескольких систем в единую диспетчерскую систему на месте (в пределах одного объекта). Это создает закрытую систему, в которой все оборудование и средства контроля расположены в одном месте или здании. Такой тип диспетчеризации иногда называется автоматизацией.

Дистанционная диспетчеризация, с другой стороны, позволяет собирать данные от одной или нескольких автоматизированных систем, расположенных на разных объектах, на централизованном диспетчерском пункте с использованием различных каналов связи. Она может использоваться для управления несколькими объектами, такими как здания с локальной диспетчеризацией.

Для управления и мониторинга инженерных систем здания можно использовать различные технические средства. Один из типов таких средств – это автоматизированные системы управления зданием (АСУЗ), которые предназначены для обеспечения функционирования «умных» зданий. Другой тип – системы автоматизации инженерных сетей (САИН), которые обеспечивают контроль и управление техническими и коммуникационными системами в различных типах зданий, включая жилые, коммерческие и государственные здания.

В систему диспетчеризации входят: автоматизированная система управления освещением, автоматическая система пожарной сигнализации, системы видеонаблюдения, диспетчеризация лифтов и иные системы, имеющиеся на объекте.

В ходе дипломного проектирования были разработаны схемы подключения вышеперечисленных систем, а также выбрано оборудование, необходимое для автоматизации.

Определены виды и количество технологического оборудования такие как: матричный коммутатор, оборудования системы видеонаблюдения, оборудование пожарной сигнализации приемники по ЛВС, передатчики по ЛВС, видеостены. Произведен расчет потребления мощности систем диспетчеризации, видеонаблюдения, пожарной сигнализации.

Было подобрано технологическое оборудование для всей системы, которое включало в себя: распределительный щиты, управляющие панели, счетчик МТХЗ, контроллер видеостены, панели для видеостен, камеры видеонаблюдения.

Литература

1. Диспетчеризация. Основные понятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en-res.ru/stati/dispetcherizaciya-osnovnyie-ponyatiya.html>. – Дата доступа: 05.01.24.

УДК 659.111

ОСОБЕННОСТИ БРЕНДИРОВАНИЯ В СФЕРЕ СПОРТА

Зуй К. Д.

Кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Актуальность исследуемой проблемы обусловлена тем, что брендинг в спортивной сфере позволяет спортивным организациям, объектам, клубам, командам, отдельным спортсменам привлечь общественное внимание, повысить интерес, выделиться среди конкурентов, увеличить посещаемость спортивных соревнований, повысить загрузку сооружений, тем самым улучшить их финансовое положение. Брендунгу в сфере физической культуры и спорта долгое время не уделялось должного внимания, так как сама сфера физической культуры и спорта является преимущественно некоммерческой, где рыночные механизмы работают недостаточно эффективно.

Сейчас спортивные продукты превращаются в стратегический инструмент, оказывающий влияние на восприятие, лояльность покупателя и общественное мнение. К современным технологиям брендинга активно прибегают спортивные федерации, представляющие Беларусь на международной арене, т. к. это действующий инструмент формирования имиджа страны [1].

Современный брендинг – это целенаправленное создание, развитие, распространение и укрепление бренда, разнообразный комплекс информационных разработок с привлечением разносторонних специалистов в области экономики, социологии, дизайна и т. д. Главная цель брендинга – формирование у потребителя доверия к спортивному продукту, которое будет сохраняться продолжительное время [1].

Бренд формируется как коммерческое предложение на основе ярко выраженного позитивного имиджа продукта, включая уникальные возможности удовлетворения запросов потребителей и является высшим проявлением эмоциональных потребительских предпочтений [1].

Стратегическое управление брендом включает, разработку и реализацию маркетинговых программ и мероприятий с целью создания капитала бренда, его регулирование и управление

им. Здесь можно выделить следующие этапы: 1) выбор элементов бренда (цвет, логотип); 2) разработка программ, включающих все элементы маркетинга; 3) использование взаимоотношений бренда с другими организациями [2].

Несмотря на общие принципы, бендирование в спорте имеет свои особенности: 1) потребители редко переносят свою лояльность на конкурирующие команды; 2) частое использование ребрендинга, изменение бренда. Это значит, что несмотря на высокий риск и экономические потери, спортивные организации используют ребрендинг для избавления от «груза прошлых неудач», пытаясь индивидуализировать свой бизнес, избавиться от смешения разных брендов, для улучшения внешнего имиджа; 3) применение ренейминга, переименование спортивных сооружений. Этот маркетинговый ход стали применять как сами спортивные сооружения, так и крупные компании, которые покупают право присвоить собственное имя известным спортивным аренам. Такие объекты посещает большое количество людей, что обеспечивает высокую частоту зрительских контактов и хорошую запоминаемость бренда; 4) персональный бренд спортсмена, для использования его имени и образа в продвижении торговой марки [3].

Литература

1. Панкрухин, А. П. Бренды и брендинг // Практический маркетинг. – 2011. – № 4.
2. Бич, Д. Маркетинг спорта / Д. Бич, С. Чедвик – М.: Альпина Паблишерз, 2010. – 706 с.
3. Галкин, В. В. Спортивный бизнес для менеджеров : учеб. пособие / В. В. Галкин – М., 2013. – 182 с.

УДК 004+796

МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА ТРЕХМЕРНОЙ КИНЕМАТИКИ БЕГОВЫХ ЛОКОМОЦИЙ СПОРТСМЕНОВ

Магистрант гр. 51910423 Катибникова В. А.

Кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В спорте высоких достижений физическая подготовленность спортсмена играет важную роль. Помимо психоэмоционального состояния и тактической подготовленности, развитие физических качеств оказывает значительное влияние на результаты. Существует множество педагогических методов подготовки, однако прогресс в сфере технологий позволяет использовать новые инструменты для анализа движений спортсменов [1].

Программное обеспечение Simi Motion предлагает возможность записи, оцифровки и визуализации различных видов движений. Главная цель этого программного комплекса заключается в анализе и интерпретации данных. С помощью различных конфигураций программы можно выполнять записи тренировок и проводить сложный научный анализ (рис. 1).

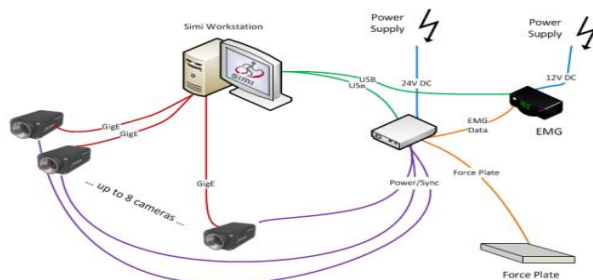


Рис. 1. Коммутация системы Simi Motion

Одним из преимуществ данного комплекса является возможность регистрации спортивных движений любой сложности. Безмаркерная система позволяет избежать психологического давления на спортсмена и обеспечивает естественность движений во время испытаний [2].

Благодаря усовершенствованию технологий в сфере спортивной подготовки, спортсмены могут эффективнее использовать свои ресурсы и достигать лучших результатов. Кроме того, внедрение инноваций способствует постоянному развитию и совершенствованию тренировочного процесса.

Таким образом, использование современных технологий в спорте значительно улучшает эффективность физической подготовки спортсменов, позволяя анализировать и оптимизиро-

вать двигательные навыки, контролировать физические параметры и разрабатывать более эффективные тренировочные программы.

Литература

1. Дисько, Е. Н. Основы теории и методики спортивной подготовки: учеб. пособие / Е. Н. Дисько, Е. М. Якуш. – Минск: РИПО, 2018. – 250 с.
2. Motion – Guideline to conduct a Gait analysis with Simi Motion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: file:///C:/Users/ADMIN/Desktop/Simi/Gait_Manual_en.pdf. – Дата доступа: 24.02.2024.

УДК 004+796

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

Магистрант гр. 61910124 Климович А. А.

Кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день цифровизация является ключевым помощником в оценке и организации процесса спортивной подготовки. Цифровые технологии все глубже внедряются в спорт на профессиональном и любительском уровне. Влияние конкуренции в области спорта побуждает оттачивать результативность существующего технического обеспечения для достижения высоких показателей спортсмена. В современном мире вошло в обыденность использование технологий во всех аспектах процесса тренировок и соревнований. Разработанное оборудование и экипировка позволяют отслеживать эффективность проделанных манипуляций спортсменами, а также их состояния для выполнения анализа, корректировки и прогнозирования требуемых показателей для индивидуализации тренировок. Одним из примеров такого оборудования являются датчики, располагаемые на теле или являющиеся частью так называемой «умной одежды», которые позволяют измерять практически все необходимые данные от дыхания и частоты сердечных сокращений до гидратации и температуры тела, функции некоторых датчиков позволяют точно определять движения спортсмена [1]. Например, оптическая измерительная система «OptojumpNext», которая состоит из двух планок и 192 светодиодов и позволяет измерить следующие характеристики: скорость и длина шага; темп; время на опоре; время в невосомости. В табл. 1 представлены параметры бегового шага в стартовом разбеге спортсменки квалификации мастер спорта (МС), полученные с помощью указанной измерительной системы. Рост спортсменки 154 см, вес – 47 кг [2].

Таблица 1 – Параметры бегового шага в стартовом разбеге спортсменки квалификации МС

Шаги	Время контакта с опорой, с	Время полета, с	Скорость, м/с	Длина шага, см	Темп, шаг/с
1 (Л)	0,170	0,069	3,51	84	4,18
2 (П)	0,139	0,081	4,91	108	4,55
3 (Л)	0,129	0,082	5,21	110	4,74
4 (П)	0,126	0,098	5,67	127	4,6
5 (Л)	0,117	0,082	6,58	131	5,03
6 (П)	0,126	0,093	6,62	145	4,57
7 (Л)	0,120	0,094	6,87	147	4,67

В любительском спорте цифровые технологии стали рычагом к внедрению спорта в образ жизни населения. Люди стали расставлять приоритеты в пользу сохранения и улучшения своего здоровья и качества жизни. «Умные вещи» помогают организовать режим дня, правильное питание, планировать эффективные индивидуальные тренировки, что дает возможность активно использовать их для самосовершенствования [3]. С ростом потребления технических инноваций во всех сферах жизнедеятельности – цифровые технологии широко применяются и совершенствуются для диагностики и оптимизации двигательной активности человека.

Литература

1. Гаврюшкин, А. Н. Влияние технологий на тренировочный процесс / А. Н. Гаврюшкин, А. М. Кутимский // Modern humanities success. – Белгород, 2020. – С. 85–87.
2. Деркачева, А. С. Технология «Optojump next» в системе управления подготовкой легкоатлетов-спринтеров / А. С. Деркачева, М. А. Усков, И. А. Фатьянов // Инновационные формы и практический

опыт физического воспитания детей и учащейся молодежи: сб. науч. статей. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2021. – С. 140–145.

3. Гахария, Т. Н. Цифровые технологии в спорте: состояние и перспективы / Т. Н. Гахария // Техническое обеспечение спортивной деятельности [Электронный ресурс]: сб. статей: V Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 15–16 февр. 2018 г. / ред. И. В. Бельский [и др.]. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 9–13.

УДК 796.022

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГРЕБКОВЫХ ДВИЖЕНИЙ

Студент гр. 11904120 Книга Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Комаровская В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Пневматический тренажер для совершенствования гребковых движений представляет собой специализированное устройство, разработанное для технической подготовки пловцов вне бассейна. Техническая подготовка пловцов вне бассейна представляет собой важный аспект тренировочного процесса, направленный на улучшение плавательной техники, координации движений и повышение эффективности плавания. Тренировки вне бассейна играют значимую роль в формировании основных навыков и приобретении моторных паттернов, которые далее могут быть внедрены в условия водной среды [1]. Пневматический тренажер обеспечивает пловцам возможность выполнения специально разработанных упражнений, которые имитируют движения гребка. Такие тренировки позволяют пловцам улучшить технику маховых движений рук, обучиться правильному взаимодействию дыхания и движений, а также повысить силу и выносливость необходимые для эффективного плавания.

В результате проектирования была разработана конструкция пневматического тренажера для совершенствования гребковых движений (рис. 1).



Рис. 1. Пневматический тренажер для совершенствования гребковых движений

Особенностью данного тренажера является наличие двух пневмодвигателей, предназначенных для регулировки сопротивления в процессе выполнения упражнений. Пневмодвигатели являются элементами системы, которая контролирует поток сжатого воздуха, используемого для создания сопротивления во время тренировок [2]. Использование двух пневмодвигателей обеспечивает более гибкое и точное регулирование сопротивления тренажера. Это позволяет пловцам адаптировать нагрузку под свой уровень подготовки и цели тренировки, что может способствовать более эффективному улучшению техники гребка и развитию мышечной силы.

Твердотельная модель биомеханического тренажера была разработана в системе автоматического проектирования SolidWorks 2023. Рабочие чертежи и сборочный чертеж были выполнены в САПР AutoCAD 2021.

Литература

1. Психофункциональная подготовка спортсменов-пловцов: метод. пособие / В. Б. Авдиенко, И. В. Бганцева, И. Н. Солопов. – М.: Всероссийская федерация плавания, 2022. – 136 с.
2. Конструкции элементов пневмоагрегатов: учебное пособие / М. Г. Прокопов, С. М. Ванеев, В. Н. Козин. – Сумы: Сумский государственный университет, 2015. – 148 с.

УДК 334.021+796

КОНЦЕПЦИЯ МАРКЕТИНГА В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

Студент гр. 11904121 Корзун А. В.

Кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В современном мире актуально применение маркетинговых концепций. Это обусловлено высокой конкуренцией на рынке, изменением потребительского поведения, быстрым развитием технологий, необходимостью удержания клиентов и другими причинами. Применение маркетинговых концепций позволяет компаниям не только разрабатывать уникальные предложения, но и строить долгосрочные отношения с клиентами, что является залогом успеха их деятельности.

В сфере спорта наиболее часто применяются шесть основных концепций: концепция совершенствования производства, концепция совершенствования товара, концепция интенсификации коммерческих усилий, концепция маркетинга (концепция маркетинга-микс), концепция социально-этичного маркетинга и концепция взаимоотношений [1].

Суть концепции совершенствования производства заключается в массовом изготовлении продукции и ее продажи по доступным ценам. Однако данная концепция применима, если спрос превышает предложение или рост объема производства помогает снизить высокую себестоимость. Данная концепция ориентирована на непрерывное улучшение товаров. Соответственно, ее основными характеристиками являются: постоянное улучшение качества товара, разработка новых технологий и внедрение инновации. Согласно рассматриваемой концепции, потребители заинтересованы в приобретении товаров, свойства которых постоянно улучшаются, и готовы платить за них больше.

Концепция интенсификации коммерческих усилий использует агрессивный маркетинг, который заключается в усилении мероприятий, направленных на увеличение продаж. Предлагается широкий спектр действий, таких как: увеличение маркетинговых и рекламных усилий, развитие новых продуктов или услуг, улучшение уровня обслуживания клиентов, расширение рынка, привлечение клиентов через акции и специальные предложения, а также другие меры, направленные на стимулирование продаж [2].

Концепция маркетинга-микс, (модель 4P) заключается в достижении организацией своих целей, прежде всего, получение экономической выгоды, увязываясь с главным условием – удовлетворением запросов потребителей. Базовая модель концепции состоит из четырех элементов: продукт, обслуживание и гарантия; место (методы доведения продукта до потребителя), система сбыта продукции; продвижение (система маркетинговых коммуникаций); цена. Однако на смену модели 4P пришли модели 5P или 7P.

Концепция социально-этичного маркетинга ориентирована на благополучие социума и позитивное воздействие на окружающую среду. Ключевыми аспектами является социальная ответственность и этическое поведение. Концепция взаимоотношений ориентирована на долгосрочные отношения с потребителями. Маркетинг взаимодействия повышает значимость личности, личных контактов в системе эффективных коммуникаций.

Наиболее применимыми концепциями в спортивной деятельности являются: концепция совершенствования спортивных товаров, концепция социально-этичного маркетинга и концепция интенсификации коммерческих усилий. Данные концепции активно применяют такие бренды как Puma, Adidas, Nike и др. В Беларуси наиболее применима концепция интенсификации коммерческих усилий в сфере физической культуры и спорта.

Литература

1. Основные концепции маркетинга [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.etxt.ru/subscribes/osnovnye-kontseptsii-marketinga/>. – Дата доступа: 29.02.2024
2. Степанова, О. Н. Маркетинг в сфере физической культуры и спорта / О. Н. Степанова. –М.: Советский спорт, 2003. – 256 с.

РЫНОК СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Студент гр. 11902121 Литвинко А. В., Дарашевич Е. С.

Кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В Республике Беларусь большое внимание уделяется развитию спортивной инфраструктуры. Несмотря на экономические проблемы, наблюдается положительная динамика роста количества спортивных объектов, так как государство и общество придают большое значение физической культуре, спорту, здоровому образу жизни, что отражается в разработке соответствующих программ. Согласно статистическим данным, к концу 2022 года в Республике функционировало 23 387 спортивных сооружений, что на 145 единиц больше по сравнению с 2019 годом (рис. 1) [1].

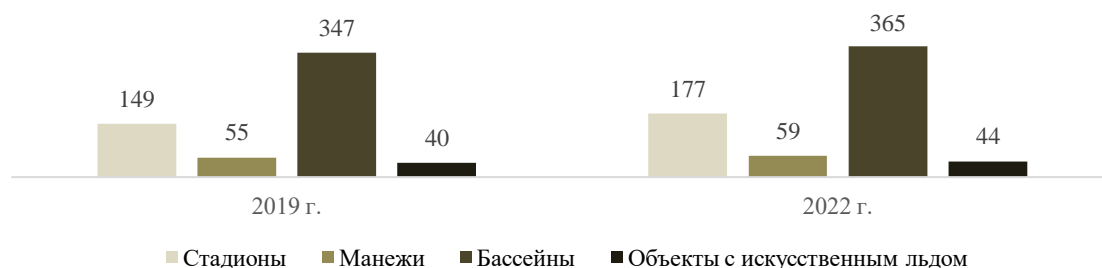


Рис. 1. Динамика роста физкультурно-спортивных сооружений в Республике Беларусь (единиц)

Изучение структуры динамики спортивных объектов свидетельствует о увеличении многопрофильных объектов и снижении количества узкоспециализированных. Многопрофильные сооружения обладают более широкими возможностями удовлетворения потребностей населения с учетом специфики различных социально-профессиональных и демографических групп, физкультурно-спортивных интересов, уровней спортивной подготовки.

С ростом числа спортивных объектов расширяется и рынок спортивных услуг. Спектр услуг, предоставляемых спортивными многофункциональными объектами, не ограничивается спортивными и физкультурно-оздоровительными, а включает разнообразные сопутствующие услуги. Обеспечение их качества и доступности является одним из важных направлений экономического и социального развития. По мере роста доходов населения доля средств, вкладываемых в сферу физической культуры и спорта, значительно увеличивается [2].

Можно отметить увеличение численности лиц, занимающихся физической культурой и спортом, этот показатель составляет 27,2 % к общей численности населения (в 2019 году данный показатель находился в пределах 25,2 %) [1].

В работе исследованы актуальные тенденции современного рынка, которые подчеркивают необходимость использования маркетинговых инструментов для повышения уровня организации проведения спортивных соревнований, массовых мероприятий, расширения спектра и качества физкультурно-спортивных услуг. В Республике Беларусь для этого существуют реальные возможности, что связано с развитием трудовых и материально-технических ресурсов, увеличением свободного времени населения, повышением потребности в двигательной активности.

Литература

1. Статистический справочник 2023 / гл. ред. И. В. Медведева. – Минск, 2023. – С 30.
2. Голубова, О. С. Методическое обеспечение оценки социально-экономической эффективности функционирования объектов спортивной инфраструктуры / О. С. Голубова, В. В. Карнейчик. – Минск: БНТУ, 2022. – 257 с.

УДК 612.572.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА

Студент гр. 11904121 Оганисян Р. С.

Ст. преподаватель Самохвал П. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Осанка является главным понятием для определения положения человеческого тела в пространстве и раскрытия признаков ортопедических заболеваний, сопряженные с отклонением неподвижных и динамических характеристик позвоночного столба. Согласно представлениям Фельденкрайза, любая осанка приемлема, если она не противоречит закону природы, состоящему в том, что «скелет должен противостоять силе тяготения, оставляя мышцы свободными для движений» [1].

В настоящее время большинство населения планеты имеет значительные отклонения в показателях нормальной осанки в совокупности с расстройствами разного характера. К основным условиям, влияющих на осанку, относятся: наследственность, перенесенные болезни, образ жизни. Кроме того, на формирование правильной осанки воздействуют такие факторы как: положение головы, плечевого пояса, форма позвоночника, угол наклона таза, уровень развития мускулатуры человека. Функциональное назначение осанки состоит в рессорной функции позвоночного столба, благодаря которой головной мозг в процессе движения не испытывает значительных колебаний. Толчки при движениях направляются снизу-вверх и понижаются в 25–30 раз за счет естественных изгибов позвоночника [2]. Кроме того, положение позвоночника отвечает за дыхательные процессы, влияет на зрение, психическое состояние и др.

Для оценки состояния осанки, специфических отклонений в строении и характеристиках моторной активности применяются особые контрольные измерения.

Одними из таковых способов являются:

– способ Ковальковой, проводится три измерения длины и глубины позвоночного столба в сагиттальной плоскости в шейной точке и в поясничном отделе. Антропометр прикрепляется к испытуемому, находясь в нормальном вертикальном положении, и касается позвоночного столба в одной точке. Измерение расстояния до самой отдаленной точки поясничной области показывает степень лордоза;

– способ компьютерной оптической топографии – это графическое представление рельефной плоскости спины, размещенное в трех плоскостях (сагиттальной, передней и горизонтальной) дает информацию о неровности и уровня деформации дуги позвонка;

– способ Васильевой, позволяет оценить положение позвоночного столба в фронтальной плоскости с помощью удлиненного транспортера, обладающего удлиненным основанием. Основа транспортера находится на привычных горизонтальных линиях, обозначающих концы позвоночника [2].

В жизни человека правильная осанка позволяет целесообразно использовать биомеханические особенности опорно-двигательного аппарата и способствует нормальной работе жизненно важных систем жизнеобеспечения.

Нарушение осанки, особенно в момент роста, может приводить к развитию аномалий скелета, нарушениям функции моторных единиц, нарушениям функций органов и движений тела, поэтому очень важно вовремя выявлять отклонения от нормы, используя разные способы диагностики, и принимать предупреждающие меры.

Литература

1. Толстова, Т. И. Современные представления об осанке (обзор литературы) / Т. И. Толстова, Н. А. Козеевская // Российский медико-биологический вестник имени академика Н. П. Павлова. – 2017. – № 25.
2. Линько, Д. А. Методы оценки осанки / Д. А. Линько, М. Г. Пурыгина, Г. М. Бойко // Молодой ученый. – 2021. – № 24 (366). – С. 373–374.

УДК 616-01/09

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ И СЛОЖНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ В СПОРТИВНОЙ БОРЬБЕ

Студенты гр.11904121 Оганисян Р. С., гр. 11904122 Андрух А. В., гр. 11311123 Полозок Л. П.
Кандидат биол. наук, доцент Мурзинков В. Н., кандидат техн. наук, доцент Закерничный В. И.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время информационные технологии охватывают практически все сферы деятельности человека. В области физической культуры и спорта информационные технологии направлены на улучшение здоровья человека, развитие его физических возможностей, совершенствование методик спортивной подготовки. В этой связи физическая нагрузка может рассматриваться как информационное воздействие, переводящее организм из одного состояния в другое, иными словами, вызывающее ответную реакцию организма. Разного рода физические нагрузки вызывают различные ответные реакции организма, требующие определенных затрат энергии. Эти затраты могут быть восстановлены за определенный промежуток времени. Повторение таких воздействий, связанных с расходом и восстановлением энергии, не только изменяет энергетику организма, но и приводит к характерным структурным изменениям органов и систем. Вид и характер структурных изменений зависит от смысловой значимости информации, содержащейся в тренировочной нагрузке, что, в итоге, определяет так называемый «кумулятивный эффект» тренировки.

Алгоритмизация выполнения тренировочных упражнений, по сути, оптимизация информационных потоков, должна быть направлена на уравнивание процессов расходования и восполнения энергии, особенно при значительных нагрузках, используемых с целью развития физических качеств. В частности, ранее нами использовался алгоритм Фибоначчи [1; 3] для построения тренировочных занятий по развитию силовой выносливости у студентов, занимающихся спортивной борьбой, что было представлено в предыдущих работах [2; 4].

В настоящей работе представляет интерес использование алгоритма Фибоначчи для совершенствования технических приемов в спортивной борьбе, представляющих собой сложные двигательные действия. С этой целью использовалось выполнение борцовского приема по алгоритму Фибоначчи: количество повторений в подходах рассчитывалось по формуле Фибоначчи: $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$. Рабочий диапазон алгоритма: $F_1-F_6-F_1$, что составляло от одного броска в F_1 (первом подходе) до восьми бросков в F_6 . Временной интервал между подходами составлял 5 сек., который отсчитывался спортсменом, выполняющим прием. С целью контроля ответной реакции организма на нагрузку использовался экспресс анализатор частоты сердечных сокращений (ЧСС) «Олимп». Измерение ЧСС до начала выполнения теста и тотчас после его окончания позволяло оценить величину нагрузки и ее адекватность для каждого из спортсменов.

Упражнение выполнялось после разминки, ЧСС после разминки составляла 115–125 уд./мин. Общее время выполнения упражнения составляло у разных испытуемых в пределах от 3 мин. 30 сек. до 5 мин. ЧСС сразу после окончания упражнения варьировалось в диапазоне 170–190 уд./мин. Время восстановления ЧСС до исходных значений находилось в диапазоне 2–4 минут.

Выводы:

- использование алгоритма Фибоначчи при совершенствовании техники в спортивной борьбе повышает интерес к тренировочным занятиям, развивает физические, координационные и волевые качества, а также оперативное мышление спортсменов;
- изменения ЧСС в процессе выполнения приемов по алгоритму Фибоначчи позволяют использовать данные упражнения как средство развития скоростно-силовой выносливости у борцов;
- алгоритмизация тренировочных упражнений с использованием цифровых технологий может рассматриваться как современный способ совершенствования методики развития физических качеств и сложных двигательных действий в спортивной борьбе.

Литература

1. Воробьев, Н. Н. Числа Фибоначчи. – М.: Наука, 1984. – С. 144.

2. Алгоритм Фибоначчи в подготовке спортсменов / А. В. Андрух [и др.] // 21-я Международная научно-практ. конференция «Инновационные технологии в образовании». – Мн.: БНТУ, 2023. – С. 27–29.

3. Использование тренировочных средств в единоборствах для формирования специальных качеств у студентов технических вузов / В. Н. Мурзинков [и др.] // Сб. материалов VI Международной науч.-технич. конференции. – Мн.: БНТУ, 2020. – С. 10–12.

4. Оганисян, Р. С. Цифровые технологии в развитии силовой выносливости у студентов, занимающихся спортивной борьбой. Сб. материалов Международной науч.-практ. конференции «Олимпийский спорт: наследие Д. П. Коркина». – Якутия: ФГБОУ ВО, 2023. – С. 158–163.

УДК 796.028

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ БАСЕЙНА СОК «ПОЛИТЕХНИК» БНТУ

Студент гр. 11902120 Сергеев С. С.

Д-р пед. наук, профессор Бельский И. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день плавательный бассейн СОК «Политехник» БНТУ, с плавательной чашей 50 на 25 метров, позволяет проводить соревновательные и тренировочные процессы для студентов любого спортивного уровня, от начинающих до действующих профессионалов.

Поддержание оптимального микроклимата в помещении бассейна является одной из важнейших задач, так как ежедневно, с утра до вечера, в нем проводятся занятия студентов и тренировки спортсменов. Контроль и соблюдение гигиенических норм, которые напрямую влияют на работу и производительность бассейна, осуществляется работой системы кондиционирования.

Расположенная под потолком в помещении бассейна, система представляет собой сеть воздухопроводов и воздухораспределителей, по которым осуществляется подача чистого и забор грязного воздуха.

Создание оптимального состава воздушной среды в помещении может осуществляться путем удаления образовавшихся тепло-, газо- и влагоизбытков, пыли и добавления необходимого количества свежего воздуха с предварительной его подготовкой (охлаждение или нагрев, осушка или увлажнение, фильтрация и др.). Эти процессы обеспечиваются с помощью систем кондиционирования и вентиляции (СКВ).

Вентиляция – организованный воздухообмен, предназначенный для создания воздушной среды, благоприятной для здоровья человека, а также отвечающей требованиям технологических процессов, сохранения оборудования, материалов, продуктов и др.

Кондиционирование воздуха – создание и автоматическое поддержание в закрытых помещениях температуры, влажности, чистоты, состава, скорости движения воздуха, которые являются наиболее благоприятными для самочувствия людей (комфортное кондиционирование) или ведения технологических процессов, работы оборудования и приборов (технологическое кондиционирование) [1].

С каждым годом БНТУ развивает спортивную университетскую деятельность как любительскую среди студентов, так и профессиональную среди спортсменов высокого уровня, обучающихся в университете. Также бассейн СОК «Политехник» БНТУ выступает как база для подготовки спортсменов иных спортивных секций г. Минска и Минской области. Модернизация системы кондиционирования бассейна напрямую позволит повысить эффективность его работы: созданием наиболее благоприятного микроклимата для занятия плаванием, уменьшением энерго-затрат системы, повышением работоспособности (КПД) и адаптации к разным условиям внутри бассейна (пропускная способность).

Решить большинство проблем поддержания оптимального микроклимата в помещении бассейна позволит модернизация существующей системы.

Литература

1. Нимич, Г. В. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха / Г. В. Нимич, В. О. Михайлов, Ю. С. Бондар. – М.: ТОВ «Видавничий будинок» – «Аванпост Прим», 2003. – С. 18.

УДК 796.028

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗВУКОУСИЛЕНИЯ В УЧРЕЖДЕНИИ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЦЕНТР ОЛИМПЕЙСКОГО РЕЗЕРВА ПО ФРИСТАЙЛУ»

Студент гр. 11902120 Сивко С. И.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Озвучивание – это процесс создания звукового сопровождения для видео, фильма или презентации, который может включать запись звука, микширование звука и настройку уровня громкости для различных звуковых эффектов и диалогов. Озвучивание может быть выполнено как профессиональными студиями, так и любителями.

Система звукоусиления – искусственное увеличение громкости речи или музыки, воспринимаемой слушателями. Состав системы звукоусиления: акустические системы; усилители; микрофоны; микшерные пульта; приборы обработки звука; источники воспроизведения звука (CD, MD, PC и т. д.).

Эксплуатируемая в настоящее время система звукоусиления в учреждении «Республиканский центр олимпийского резерва по фристайлу» устарела и в полной мере не обеспечивает решение необходимых задач. Актуальность модернизации звукоусиления аквакуарка обусловлена тем, что с развитием технологий качество звука устарело и требует улучшения. Модернизация поможет улучшить качество звука и привести его в соответствие с современными стандартами.

Модернизация звукоусиления в помещении может включать в себя замену старых динамиков на новые, более мощные и высококачественные. Это может улучшить качество звука и сделать его более четким и ясным. Также модернизация может включать установку новых усилителей и процессоров для обработки звука. Это позволит улучшить звуковые эффекты и сделать звук более объемным. Кроме того, можно изменять расположения динамиков в помещении для лучшего распространения звука.

Процесс модернизации звукоусиления включает в себя несколько этапов:

- оценка существующей системы звукоусиления, выявление ее слабых мест и определение требований к новой системе;
- проектирование новой системы звукоусиления с учетом всех требований и особенностей помещения; выбор необходимого оборудования для новой системы звукоусиления;
- установка и настройка нового оборудования согласно проекту.

В ходе исследования была разработана проект модернизации системы звукоусиления, который предполагает использование следующего оборудования: Electro-Voice Evid 4.2TW – пара пассивных инсталляционных акустических систем с двух- и четырехдюймовыми вуферами и однодюймовым твитером, мощностью 200 Вт при 8 Ом, с частотным диапазоном 65 Гц – 20 кГц; Electro-Voice SX300PI – пассивная АС; Electro-Voice SX300PIX – пассивная акустическая система; акустическая система Electro-Voice EVF-1122S – двухполосная АС средней мощности с 12 дюймовым вуфером SMX2121, двухкомпрессионным драйвером ND2B и рупором с различными углами раскрытия.

Также был проведен расчет энергопотребления системы, расчет номинального звукового давления. Были разработаны схемы подключения, а также схемы расположения оборудования.

Литература

1. Барановская, Д. И. Информационное обеспечение систем управления спортивных объектов / Д. И. Барановская, М. А. Петух, М. М. Салтанов. – Минск, 2019. – 185 с.

УДК 659.111

РЫНОК СПОРТИВНЫХ СОБЫТИЙ

Студент гр. 11902121 Ткачѳв П. В.

Кандидат эконои. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время спорт стал не только международным культурным феноменом, воплощением социальных ценностей, патриотизма, известности и успеха, но также и неотъемлемой частью экономики [1].

Спортивное событие – это комплекс спортивных явлений в основе создания которого находится соревнование. Оно представляет собой место и деятельность, определяющее собственную ценность команды или спортсмена в сравнении с соперником и включает организационную структуру организатора, спортсменов, спонсоров, зрителей [2].

Спортивное событие преследует несколько целей: соревновательную, коммерческую, образовательную, пропагандистско-медийную, идеологическую.

Каждая организация выбирает свою маркетинговую стратегию, на которую влияют уровень качества события и его статус, участники события, прежде всего участвующие спортсмены, численность участников и зрителей, информационный охват. Все эти категории влияют на привлечения спонсоров и средств массовой информации.

Маркетинговый процесс между участниками спортивного события идет в двух направлениях: от непосредственных участников (команды, спортсмены, организаторы события) к организациям, спортивной аудитории и обратно.

Многосторонние отношения направлены на получение выгоды каждого из участников рынка спортивных событий. Участники события преследует свои интересы, начиная от поставки оборудования на соревнования, размещения рекламных логотипов, заканчивая непосредственной продажей билетов. Спортивная аудитория всегда является объектом, на который нацелены предложения остальных участников.

Сложной маркетинговой проблемой является, реализация билетов на спортивное событие. В мировой практике выделяют такие направления в продаже как: 1) продажа на весь сезон; 2) продажа на избранные состязания; 3) продажа билетов группам [2].

Продажа билетов на весь сезон позволяет формировать бюджет организации, планировать расходы, снижать затраты, связанные с привлечением потребителей. Покупка билетов на избранные состязания более выгодна потребителям. В данном случае, задача менеджеров заключается в том, чтобы сделать предложение покупателям выгодное как по стоимости, так и по времени. Реализация билетов группам позволяет привлечь новых потенциально постоянных потребителей. В этом контексте необходимо разрабатывать стратегию привлечения на интересные мероприятия группы школьников, студентов, молодежи. В расширении рынка продаж необходимо учитывать возможность семейного посещения спортивного события.

Маркетинговые инструменты используются букмекерскими конторами, спортивными сооружениями, федерациями спорта, спортивными агентами, любительскими и профессиональными клубами и лигами, специализированными детско-юношескими школами и спонсорами.

Задача спортивного маркетинга превращать спортивные состязания в высококачественные события, продукт, который способен удовлетворить интерес и потребности всех участников рынка спортивных событий. Это относится к соревнованиям, которые проводятся как в профессиональном, так и в массовом спорте [3].

Литература

1. Спортивная индустрия: структура и содержание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.facebook.com/notes/sport-marketing-school/спортивная-индустрия-структура-и-содержание/147247798698595/>. – Дата доступа: 19.03.2024.

2. Томич, М. Маркетинг в спорте. Рынок и спортивные продукты / М. Томич. – М., 2002. – 224 с.

3. Международный бизнес в спорте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2631622/page:119/>. – Дата доступа: 19.03.2024.

МАРКЕТИНГОВАЯ СТРАТЕГИЯ В СПОРТЕ

Студент гр. 11904121 Чикун А. Д.

Кандидат эконом. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В современном обществе быстро развивается монетизация спорта и здорового образа жизни. В самых популярных видах спорта появились профессиональные объединения, стремившиеся использовать их экономический потенциал по максимуму. Число фитнес-клубов продолжает расти, несмотря на условия жестокой конкуренции за клиентов. Спортивные магазины предлагают товары для занятий любым популярным видом спорта и активного отдыха на природе. Все это способно работать только при наличии маркетинговой стратегии. Поэтому в данной работе и стало главной целью изучение маркетинговых стратегий в сфере физической культуры и спорта.

Стратегия представляет собой детальный всесторонний комплексный план, направленный на осуществление миссии организации и достижение ее целей.

Цель маркетинговой стратегии спортивной организации – определить, как использовать существующие ресурсы в окружающей среде для достижения долгосрочных целей, связанных с выживанием и ростом компании, а также меры по реализации этой стратегии [1].

Маркетинговая стратегия в спорте имеет ряд отличий от стратегий маркетинга в других отраслях. Маркетинговая стратегия в спорте подразумевает непосредственное сотрудничество между целевой аудиторией и организацией (команда-фанат). Продвижение товаров (услуг) спорта производится в большей части в интернет-пространстве.

Разработка маркетинговой стратегии включает несколько этапов:

1. Анализ.
2. Определение целей.
3. Целевая аудитория.
4. Разработка уникального предложения.
5. Планирование маркетинговых действий.
6. Внедрение и мониторинг.

Реализация этих этапов позволят разработать эффективную стратегию для развития спортивной индустрии, привлечения новых клиентов и укрепление позиций на рынке спортивных услуг.

Большую роль в продаже спортивных услуг играют мероприятия, которые проводятся как на бесплатной основе, так и на платной.

Для реализации стратегии необходимо проводить рекламные акции, семейные спортивные мероприятия, корпоративные мероприятия.

Было изучено 5 стратегий в спорте и физической культуре, которые, на наш взгляд, являются самыми перспективными.

Маркетинговая стратегия в сфере физической культуры и спорта играет важную роль в достижении успеха и устойчивого развития спортивных организаций, клубов, фитнес-центров и других учреждений. Было установлено, что фокус на потребностях и предпочтениях клиентов, инновационные подходы к предложению услуг, а также активное использование современных маркетинговых методов, таких как социальные медиа и онлайн-платформы, являются ключевыми компонентами успешной маркетинговой стратегии в области физической культуры и спорта.

Литература

1. Стратегия маркетинга в физкультурно-спортивных организациях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rep.polessu.by/bitstream/123456789/22367/1/Strategiia_marketinga.pdf. – Дата доступа: 28.02.2024.

УДК 796.022

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ВОРОТА ДЛЯ МИНИ-ФУТБОЛА

Студент гр. 11904120 Шарафутдинов Д. Р.

Кандидат пед. наук, Солонец А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Интерактивные ворота для мини-футбола представляют собой мехатронное устройство, предназначенное для оттачивания навыков точности попадания в ворота при обучении и тренировки игроков. Они используются не только для автоматической фиксации попадания мяча в ворота, но и точного определения области попадания. В отличие от стандартных, интерактивные ворота имеют более широкий спектр возможностей, таких как: 1) выбор режима тренировки (индивидуальные и групповые); 2) имитация различных игровых ситуаций (угловые и штрафные удары, пенальти); 3) определение точности попадания; 4) отслеживание игроками своего прогресса в режиме реального времени и в удобной форме; 5) экономия времени; 6) улучшение навыков точности и повышение эффективности тренировки в целом.

Интерактивные ворота также могут быть использованы для развлечения и игры в футбол. Благодаря своим компактным размерам, могут быть установлены практически в любом месте: в спортивном зале, на спортивных площадках, в парках, в местах проведения спортивно-массовых мероприятий.

В результате проектирования разработана конструкция интерактивных ворот для мини-футбола (рис. 1). Особенности данного устройства заключаются в возможности установки на обыкновенные ворота для мини-футбола без внесения каких-либо изменений, а также использование двенадцати чувствительных сегментов в конструкции устройства.

Чувствительный сегмент представляет собой пластину из органического стекла, с обратной стороны которого устанавливается элемент динамической индикации (RGB LED лента), а также четыре пружинных элемента. Внутри каждого пружинного элемента располагается тактовый переключатель. При попадании мячом по сегменту, переключатели замыкаются и передают команду на контроллер, засчитывается попадание. В случае попадания по двум чувствительным сегментам одновременно, контроллер сравнивает количество замкнутых переключателей, попадание засчитывается тому сегменту, где замкнулось больше переключателей.

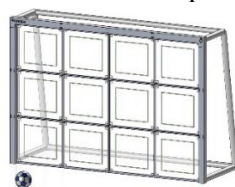


Рис. 1. Интерактивные ворота для мини-футбола

Твердотельная модель, рабочие чертежи и сборочный чертеж интерактивных ворот для мини-футбола были разработаны в системе автоматического проектирования SolidWorks 2021.

Литература

1. Интерактивные ворота [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pro-interactive.ru/shop/interaktivnyie-vorota/>. – Дата доступа: 02.03.2024.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ УЧРЕЖДЕНИЯ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЦЕНТР ОЛИМПЕЙСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПО ФРИСТАЙЛУ»

Студент гр. 11902120 Шидловский Ф. П.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Система визуализации – это аппаратно-программный комплекс, предназначенный для ввода, обработки и вывода (визуализации) данных.

Внедрение интерактивных систем визуализации необходимо для визуализации подробной и легко доступной для пользователей информации. Например, на спортивных аренах это может

быть информация о мероприятиях, рекламная информация, схема спортивного объекта, а в служебных целях – для вывода большого количества информации о работе и состоянии различных инженерных систем, для вывода изображений с камер, при монтаже трансляции и т. д.

Как правило, все подобные системы не работают автономно и являются частью сети, в которой присутствуют другие системы визуализации, серверы, а также коммутационное оборудование (рис. 1).

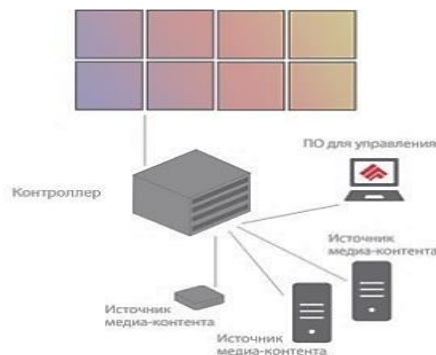


Рис. 1. Пример структуры системы визуализации

Основные направления применения: информирование клиентов; демонстрация товаров и услуг, меню ресторанов, кафе; реклама и нестандартные способы привлечения внимания с помощью дополненной, виртуальной или смешанной реальности; автоматизация и управление; размещение больших объемов информации.

Система визуализации состоит из серверной части, клиентской части, коммутационного оборудования.

Клиентская часть системы визуализации представляет собой контроллер, который принимает, декодирует входящий видеопоток и передает его на устройство отображения. Серверная часть отвечает за управление, формирование и передачу цифрового видеопотока по сети. Коммутационное оборудование обеспечивает объединение серверной и клиентской частей в единую систему.

При проектировании системы визуализации мы рекомендуем использовать оборудование фирмы LUMIEN. Интерактивные панели LUMIEN – это профессиональное оборудование ультравысокого качества, поддерживающее технологию мультитач (до 40 касаний), обладающее огромным количеством функций.

Компоненты системы визуализации отличаются в зависимости от бюджета и сферы использования.

Литература

1. LUMIEN – профессиональные решения для визуализации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lumien.ru/>. – Дата доступа: 11.01.2024.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ «ВИДЕОГОЛ» ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ КРЫТЫЙ КАТОК «ЮНОСТЬ-МИНСК»

Студент гр. 11902120 Шишин Р. А.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Система «Видеогол» в хоккее используется для определения, был забит гол или нет. Система состоит из нескольких камер, которые расположены на льду и за воротами. Когда шайба попадает в ворота, система автоматически определяет, был гол забит или нет. Если система определяет, что гола не было, то игра останавливается и гол не засчитывается. Система «Видеогол» позволяет уменьшить вероятность ошибок со стороны судей.

Системы «Видеогол» в хоккее предназначены для записи игры, оперативного просмотра записи при возникновении спорных моментов, обеспечения возможности переключения между камерами и замедления скорости воспроизведения. Интерфейс системы должен быть простым и понятным для быстрого просмотра спорных моментов арбитрами.

Система «Видеогол» для хоккея состоит из нескольких компонентов: камеры, расположенные на льду и за воротами, которые записывают игру; устройства для обработки и анализа видеосигнала; система хранения записанных видеофайлов; интерфейс для просмотра видеоповторов арбитрами и судьями.

При проектировании системы необходимо учитывать, что система видеоповторов должна быть легко доступной для судей. Система должна автоматически распознавать и выделять важные моменты игры, такие как голы, нарушения и т. д. должна работать быстро и точно, чтобы не замедлять ход игры. Она должна быть надежной и стабильной, чтобы избегать ошибок и сбоев, совместимой с существующими системами судейства и трансляции, а также доступной и недорогой для использования.

Нами проведено сравнение двух фирм по производству систем «Видеогол».

Комплекс «Видеогол videoReferee®-VHL2G» включает в себя сервер многоканальной записи с одноименным названием для работы с 12 3G/HD каналами записи (регламент ВХЛ), специализированные беспроводные воротные камеры mini-II-GoalNetCam и судейские камеры mini-II-vR-Cam (широкоугольные и zoom-камеры). Также система может использоваться для видеоповторов в футболе, баскетболе, гандболе, слаломе на каноэ, шорт-треке и других видах спорта, для которых необходима работа с 12 каналами 3G/HD [1].

В состав системы «Рефери Джуниор» компании «ТелеВидеоДата» входят сервер СофтЛаб-НСК Рефери Джуниор на 4 канала записи, пульт управления просмотром с колесом управления скоростью и переходом по ключевым событиям, место судьи и оператора, Рефери Джуниор с двумя мониторами и IP-телефоном, стойка для установки сервера и распределительного оборудования с ИБП, четыре камеры CamHD (надворотные и заворотные) с zoom-оптикой и креплениями, рабочее место судьи с большим монитором и IP-телефоном [2].

При определении наиболее оптимального оборудования для практической реализации варианта на крытом катке «ЮНОСТЬ-МИНСК» (выбор в пользу наиболее простой по составу системы), учитывались различные факторы, обуславливающие в том числе следующее: уровень проведения соревнований, а также возможности финансирования (стоимость оборудования, возможность приобретения, наличие комплектующих и особенности постгарантийного обслуживания).

Литература

1. VideoReferee-VHL2G – Система Видеогол для хоккея на льду и других видов спорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://slomotv.ru/products/videoreferee/videoreferee-vhl2g/description>. – Дата доступа: 06.01.2024.

2. Системы видеосудейства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://televideodata.ru/hockey-judging/>. – Дата доступа 06.01.2024.

УДК 796.028

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗВУКОУСИЛЕНИЯ НА ОБЪЕКТЕ КРЫТЫЙ КАТОК ГУ «ХК «ЮНОСТЬ-МИНСК»

Студент гр. 11902120 Яшкин А. В.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Модернизация системы звукоусиления может потребоваться по разным причинам. Одной из главных целей является улучшение качества звука. С развитием технологий появляются новые аудиоформаты, которые могут не поддерживаться старой системой звукоусиления. Еще одной целью модернизации может быть увеличение мощности и дальности действия системы. Если существующая система не обеспечивает достаточной громкости или радиуса действия, то модернизация может помочь решить эту проблему.

Также целью модернизации может быть интеграция новых технологий. Например, внедрение беспроводных систем, управления через приложение или многоканальных систем.

И наконец, модернизация может потребоваться для соответствия требованиям. Если система устарела или не соответствует новым стандартам, то ее нужно обновить.

Система звукоусиления арены является одной из важнейших составляющих мультимедийного комплекса спортивного сооружения, от качества которой зависит общее впечатление от любого проводимого на арене мероприятия, будь то спортивные соревнования или концертное шоу. Система озвучивания имеет колоссальное значение для объекта проведения массовых мероприятий с учетом того, что на сегодняшний день среди спортивных арен разворачивается серьезная конкурентная борьба за зрителя. Звуковое оформление должно быть на высшем уровне не только в ложе VIP, но и на каждом зрительском месте. Успех спортивных объектов достигается зачастую не только большим интересом к спорту, а еще и зрелищностью, которую практически в полной мере передает качественное звуковое сопровождение. Оно же и является важным преимуществом любого проводимого мероприятия.

Наличие качественной звукоусилительной системы является крайне важным, если не главным, условием конкурентного преимущества. Чтобы добиться потрясающего звука на арене необходимо решить три основные задачи: добиться равномерного покрытия и высокого звукового давления на всей озвучиваемой площади, получить отличную разборчивость речи и высокую детализацию музыкальных фонограмм, а также максимально снизить коэффициент отражения звуковых волн. Для сравнительного анализа мы выбрали следующие акустические системы: TS-412m, CS-312, RCF ART 912-A.

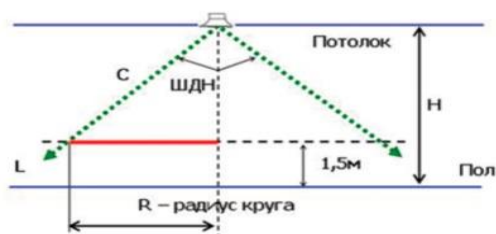


Рис. 1. Пример схематический расчета

Проведя сравнительный анализ, мы производим расчет энергопотребления, а также акустический расчет.

Литература

1. Системы звукоусиления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://npg-colosseo.ru/product/sistemy-zvukousilenija/>. – Дата доступа 02.01.24.

СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 53.089.6

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ДОРОЖНЫХ КУРВИМЕТРОВ

Магистрант Алешевич Д. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С. С.

Белорусский национальный технический университет

Дорожные курвиметры являются средствами измерений расстояний между точками, лежащими на криволинейных траекториях. Принцип работы такого устройства заключается в том, что его чувствительный элемент в виде колеса перемещается по измеряемой траектории, а счетчик фиксирует количество оборотов колеса, далее с помощью встроенного микропроцессора вычисляется пройденное расстояние. Для обеспечения метрологической прослеживаемости результатов измерений требуется калибровка этих средств измерений. На данный момент для этого используется типовая методика калибровки, базирующаяся на методе прямого измерения расстояния между фиксированными реперными точками. Предлагается усовершенствованный метод калибровки дорожных курвиметров с помощью специальной калибровочной установки, представленной на рис. 1.

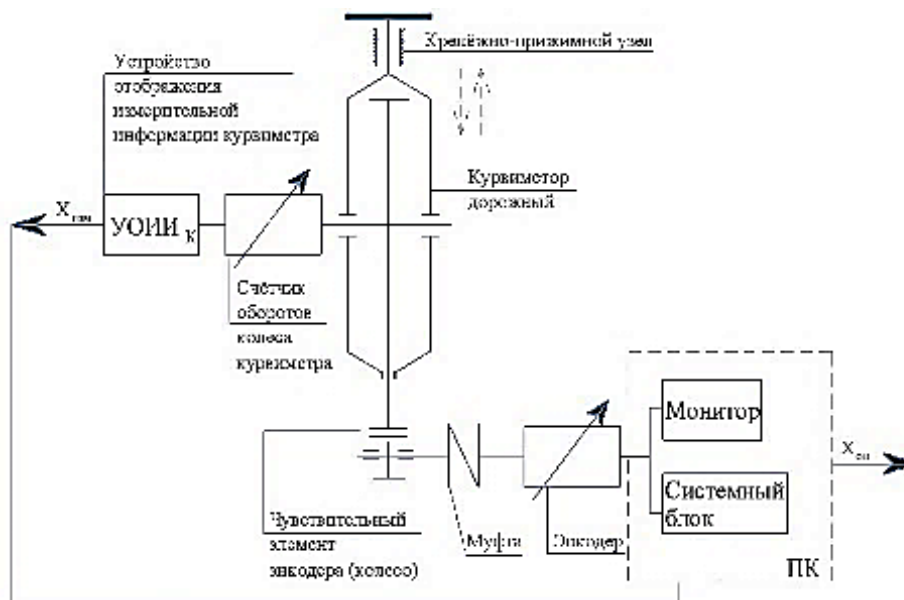


Рис. 1. Структурная схема калибровочной установки

Предлагаемая установка состоит из крепёжно-прижимного узла, предназначенного для крепления и обеспечения надежного механического контакта калибруемого дорожного колеса с приводным колесом установки, муфты и энкодера. Для обеспечения требуемых функциональных возможностей установки для привода и позиционирования измерительного колеса применен специальный серийный сервопривод, который в свою очередь управляется специализированным сервоусилителем. Указанная система позволяет поворачивать на заданный угол измерительное колесо, а также позволяет устанавливать и поддерживать заданную угловую скорость измерительного колеса. С помощью персонального компьютера (ПК), на котором установлено специальное программного обеспечения (ПО), производится обработка измерительной информации.

УДК 681

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Студент гр. 10603122 Бань Н. Д

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Пункт 1.2.5 ПУЭ устанавливает: «Электроснабжением называется обеспечение потребителей электрической энергией. Системой электроснабжения называется совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией». Логично, что все это предусматривает снабжение качественной электроэнергией, характеристики которой не способны нанести вред эксплуатируемому оборудованию, в независимости от того, к какой категории относится потребитель – промышленной или бытовой. Поэтому стоит определиться, какими же характеристиками обладает электрическая энергия, какие существуют нормативы и допустимые отклонения от стандартов в Республике Беларусь.

Основным источником информации для исследования выступит ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Для начала введем понятие **напряжение электропитания** – среднеквадратическое значение напряжения в определенный момент времени в точке передачи электрической энергии пользователю электрической сети, измеряемое в течение установленного интервала времени. Для исследования характеристик напряжения возьмем следующие характеристики: частота, значения и симметрия напряжений в трехфазных системах электроснабжения.

Изменения характеристик напряжения электропитания подразделяют на две категории – продолжительные изменения и случайные события. В данном исследовании будут учтены только длительные отклонения.

Отклонение частоты. Номинальное значение частоты напряжения в электрической сети равно 50 Гц, при этом отклонение частоты в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать $\pm 0,2$ Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и $\pm 0,4$ Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю; отклонение частоты в изолированных системах электроснабжения с автономными генераторными установками, не подключенных к синхронизированным системам передачи электрической энергии, не должно превышать ± 1 Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и ± 5 Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

Отклонение значения напряжения. В электрических сетях низкого напряжения стандартное номинальное напряжение электропитания $U_{ном}$ равно 220 В (между фазным и нейтральным проводниками для однофазных и четырехпроводных трехфазных систем) и 380 В (между фазными проводниками для трех- и четырехпроводных трехфазных систем). Для указанных показателей установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

Несимметрия напряжений в трехфазных системах. Несимметрия трехфазной системы напряжений обусловлена несимметричными нагрузками потребителей электрической энергии или несимметрией элементов электрической сети. Показателями, относящимися к несимметрии напряжений в трехфазных системах, являются коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и по нулевой последовательности K_{0U} . Для указанных показателей установлены следующие нормы: значения коэффициентов несимметрии напряжений K_{2U} и K_{0U} в точке передачи электрической энергии, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать 2 % в течение 95 % времени интервала в одну неделю; не должны превышать 4 % в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Показатели и нормы качества электрической энергии.
2. Правила устройства электроустановок. Шестое издание. 1985 г.

МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

Студент гр. 11305123 Володкович В. И.

Кандидат физ.-мат наук, доцент Романчак В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из самых эффективных методов ранжирования является метод парных сравнений. Впервые использован для ранжирования преступлений по степени серьезности. Суть метода парных сравнений заключается в том, чтобы опрашиваемый выполнил попарное сравнение объектов ранжирования по определенному критерию. В том случае, когда число объектов равно, например, пяти, число всех возможных пар будет равно $(5 \cdot 4) / 2 = 10$. В том случае, когда объектов будет много, то число пар резко увеличивается. Поэтому для успешного проведения исследования надо иметь небольшое количество респондентов. В противоположном случае опрашиваемый может запутаться в своих предпочтениях. Процедура парных сравнений такова. Респонденту предлагается сравнить поочередно объекты, сгруппированные по парам. Результаты сравнения он сводит в специальную таблицу, пример которой приведен в табл. 1. Объекту, которому отдается предпочтение, присваивается единица, объекту, который проигрывает это сравнение, ставится нуль. Если по мнению опрашиваемого объекты равны, то каждому из них ставятся одинаковые баллы – 0,5. Диагональные элементы таблицы, представляют собой результат сравнения объекта самого с собой. Поэтому во все диагональные элементы таблицы ставятся прочерки.

Таблица 1 – Результаты парных сравнений одним респондентом

	Объект 1	Объект 2	Объект 3	Объект 4	Объект 5	Предпочтения
Объект 1	–	1	1	1	0	3
Объект 2	0	–	1	0	0	1
Объект 3	0	0	–	1	1	2
Объект 4	0	1	0	–	0,5	1,5
Объект 5	1	1	0	0,5	–	2,5

Единица, выставленная на пересечении третьего столбца с первой строкой табл. 1 означает, что первый объект предпочтительнее второго. Поэтому в клеточке, представляющей собой пересечение второй строчки с первым столбцом, выставлен нуль. Если объекты респондентом оцениваются как одинаковые, то ставится по 0,5.

Ранжирование проводится по результатам числа предпочтений, которое получается суммированием по строкам для каждого объекта и заносится в последний столбец таблицы. Последний итоговый столбец дает общую среднюю оценку предпочтений группы респондентов.

Также парные сравнения могут проводиться для нескольких респондентов. Последний итоговый столбец дает общую среднюю оценку предпочтений группы респондентов. Для простых исследований итоговой цифры вполне достаточно. Однако если все же выполнять работу квалифицированно, следует проверить достоверность полученных значений. Достоверность полученных результатов определяется по нескольким позициям. Первая позиция определяется количеством респондентов. Вторая позиция определяется статистическими характеристиками, вычисляемыми по результатам парных сравнений.

Литература

1. Светульников, С. Г. Методы маркетинговых исследований: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «ДНК», 2003. – 352 с.
2. Метод «парных сравнений» в ранжировании альтернатив [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2044118/page:44/>. – Дата доступа: 14.01.2024.

КАЧЕСТВО С РАЗЛИЧНЫХ СТОРОН ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Студенты гр. 11305120 Врублевская Т. Н., гр. 11305122 Лужинская А. И.

Магистр техн. наук Самохвал П. М

Белорусский национальный технический университет, Минск Беларусь

Сегодня качество стало неотъемлемой частью повседневной жизни. Оно определяется как степень соответствия набору характеристик потребностей или ожиданиям потребителя. Качество охватывает совокупность свойств или характеристик объекта, определяющих его способность удовлетворять существующие и ожидаемые потребности, формирующиеся под влиянием экономических, социальных, технологических и экологических факторов. Это объективная основа качества жизни человека и общества в целом [1].

В медицинском контексте качество определяется как восприятие функционирования пациента с психофизической, эмоциональной и социальной точек зрения, основанное на собственном восприятии пациента [2].

Философский подход рассматривает качество как комплексную характеристику отношения человека к различным социальным системам, выражающую степень его социальной свободы, возможности всеобщего развития и совокупность духовных и культурных ценностей [2].

С экологической точки зрения качество определяется как система социальных и природных условий, которые либо обеспечивают, либо не обеспечивают здоровье человека – как личное, так и общественное. Географические подходы оценивают соответствие многокомпонентных систем жизнедеятельности объективным нормам и субъективным потребностям территориального общества [2].

Социальное качество определяется как удовлетворение культурных и материальных потребностей людей в таких областях, как одежда, питание, здравоохранение, жилищные условия, образование и окружающая среда, а также в разнообразии досуга и уровне удовлетворенности содержанием общения, профессией, творчеством, уровнем стресса и обустройством [2].

С экономической точки зрения качество связано с расширением понимания человеком долгосрочного и здорового существования, доступа к ресурсам для обеспечения достойного уровня жизни, сохранения ресурсов для будущих поколений и обеспечения собственной безопасности и справедливости [2].

Система менеджмента качества является частью общей системы менеджмента в организации, направленной на обеспечение стабильного качества продукции или услуг. Она включает в себя определение политики и целей, процессов и критериев, которым необходимо следовать для достижения поставленных целей. Персонал является основным ресурсом в системе менеджмента качества, поскольку его удовлетворенность напрямую влияет на его эмоциональное состояние, здоровье и производительность, что, в свою очередь, влияет на организацию в целом. Улучшение качества жизни приводит к улучшению системы менеджмента качества и ее эффективности.

В заключение, данная статья рассматривает множество аспектов качества жизни с различных точек зрения, таких как медицинский, философский, экологический, социальный и экономический. Каждая из этих перспектив важна для понимания и обеспечения высокого уровня жизни как для отдельного человека, так и для общества в целом.

Основываясь на представленных данных, можно сделать вывод о том, что качество жизни зависит от множества факторов, включая доступ к базовым потребностям, уровень социальной свободы, состояние окружающей среды, уровень экономического развития и многое другое. Следовательно, улучшение качества жизни требует комплексного подхода и совместных усилий со стороны общества, правительства, бизнеса и индивидуумов.

Литература

1. Бойцов, Б. В. Критерии понимания качества жизни / Б. В. Бойцов, Ю. В. Крынев // Качество и жизнь. – 2014. – № 1. – С. 3–8.
2. Ковынева, О. А. Управление качеством жизни населения: монография / О. А. Ковынева, Б. И. Герасимов; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б. И. Герасимова. – Тамбов: Изд-во Тамб. ГТУ, 2006. – 88 с.

УДК 005.6

СОСТОЯНИЕ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА КАК ОДНА ИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Студент гр. 11305120 Врублевская Т. Н.

Магистр техн. наук, старший преподаватель Самохвал П. М

Белорусский национальный технический университет, Минск Беларусь

Одной из целей развития человека является качество жизни, государства, международного сообщества. Качество жизни может характеризоваться удовлетворенностью повседневной жизни человека, то есть благополучием или его отсутствием. Сюда входят все эмоциональные, социальные и физические аспекты жизни человека. Одним из главных критериев состояния полного удовлетворения жизненного пути человека является здоровье.

В здравоохранении качество жизни, связанное со здоровьем, представляет собой оценку того, как на благополучие человека с течением времени может повлиять болезнь, инвалидность или расстройство [1].

В последние десятилетия количество людей с различными дефектами, нарушениями позвоночника увеличивается, что обусловлено изменением условий жизни: уменьшением доли физического труда, снижением общего уровня физической активности в связи с широким распространением благ цивилизации и необходимостью долгое время пребывать в сидячем положении во время работы, учебы и т. д. Данная проблема ставит перед нами актуальную задачу поддержания правильной осанки и заботы о состоянии позвоночника. Нарушения осанки могут привести к различным заболеваниям опорно-двигательного аппарата, что существенно сказывается на качестве жизни. Существует прямая связь между осанкой и здоровьем, поэтому правильное положение тела человека является не только залогом красоты, но и крепкого здоровья [2]. Исходя из этого, необходимо оценивать состояние осанки и принимать меры для ее улучшения.

В этом контексте система менеджмента качества (СМК) представляет собой эффективный инструмент для оценки и управления состоянием осанки. Она позволяет выявить нарушения и деформации позвоночника, разработать индивидуальные программы коррекции осанки и следить за их эффективностью. Оценка состояния осанки – это один из элементов СМК, который позволяет оценить позицию и форму тела человека в пространстве. С помощью системы менеджмента можно выявить нарушения и деформации позвоночника, которые могут привести к заболеваниям опорно-двигательного аппарата. Система менеджмента качества позволяет оценить состояние осанки человека, определить нарушения и деформации позвоночника, разработать индивидуальные программы коррекции осанки и контролировать их эффективность. Оценка состояния положения тела человека в рамках СМК должна содержать в себе применение специальных методов и техник, таких как антропометрические измерения, визуальный анализ, функциональные тесты и др. [3].

В тексте подчеркивается многогранность проблемы качества жизни, ориентированной на индивидуальное благополучие и удовлетворенность человека. Аспекты, такие как здоровье и осанка, играют ключевую роль в этом контексте. Указывается важность оценки и управления качеством жизни через СМК, особо выделяя оценку состояния осанки как части этой системы.

Таким образом, нарушения и деформации позвоночника человека может оказывать влияние на восприятие человеком мира, что является существенной проблемой, которую необходимо прорабатывать для улучшения качества жизни, через разработку и создание специализированных систем, которые позволяют контролировать состояние осанки человека.

Литература

1. Шишков, А. Б. Методы оценки осанки и их роль в профилактике и лечении заболеваний позвоночника / А. Б. Шишков // Медицинский альманах. – 2018. – № 2. – С. 76–81.
2. Чернов, В. В. Проблемы качества жизни и их влияние на состояние здоровья населения / В. В. Чернов // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 1. – С. 32–37.
3. Левашова, Т. В. Роль системы менеджмента качества в оценке состояния здоровья человека / Т. В. Левашова // Менеджмент в России и за рубежом. – 2020. – № 2. – С. 44–50.

УДК 621.791

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ЯЩИК ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Студенты гр. 11305120 Грибковский А. В.¹, гр. 11305122 Лужинская А. И.¹,
соискатель Бережных Е. В.²

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.¹,

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Беларусь

Установлено, что с позиций системного анализа для повышения достоверности оценивания неопределенности методов измерений следует реализовать процессный подход к формированию метода оценивания как алгоритма действий. Сформулирована задача необходимости определения полного множества вариантов реализации этапов алгоритма процесса оценивания неопределенности измерений, приемлемого для конкретных условий. В качестве основы для ее решения предложен метод морфологического ящика как реализация морфологического анализа [1]. Метод морфологического ящика заключается в том, что объект анализа разделяют на значимые составляющие элементы. Для каждого элемента определяют множество возможных реализаций, способствующих общему решению задачи, после чего формируют полное множество решений путем слияния конкретных реализаций всех составляющих элементов. Поиск наилучшего решения из полного множества решений производится в соответствии с выбранным критерием приемлемости.

В докладе представлен морфологический ящик процесса оценки неопределенности, построенный на основании только общепринятых методов и подходов реализации каждого этапа процесса оценки неопределенности. Можно выделить два положительных момента морфологического анализа процесса оценки неопределенности:

– морфологический ящик выступает как «конструктор», из которого поэлементно можно формировать метод оценки неопределенности как комбинацию этапов процесса исходя из поставленной задачи, сочетая различные варианты реализации данных этапов;

– морфологический ящик можно воспринимать как инструмент для формирования новых методов на различных этапах процесса оценивания неопределенности.

Следует принять к сведению, что морфологический ящик имеет открытую архитектуру. В этом смысле он представляет научный интерес как инструмент для формирования новых методов на различных этапах процесса оценивания неопределенности

В докладе показаны примеры разработки новых методов реализации отдельных этапов процесса оценивания неопределенности измерений:

Этап 1. Выявление влияющих факторов. Методика идентификации входных величин процесса измерений с помощью методологии функционального моделирования IDEF0 и метода альтернатив как метода экспертного оценивания [2].

Этап 2. Формирование функции связи (модели измерений). Предложены методы непараметрического оценивания пассивно собранной измерительной информации, например, на основе вейвлет-преобразований [3].

Этап 3. Трансформирование законов распределения. Предложен в качестве альтернативы методу Монте-Карло авторский «метод последовательных трансформаций» [4].

Литература

1. Одрин, В. М. Морфологический анализ систем. Построение морфологических таблиц / В. М. Одрин, С. С. Картавов. – К.: Наукова думка, 1977. – 148 с.

2. Серенков, П. С. Процессный подход к исследованию показателей точности методов измерений / П. С. Серенков, В. Л. Гуревич, В. Р. Мовламов // Метрология и приборостроение. – Мн., 2017. – № 3 (77). – С. 11–17.

3. Серенков, П. С. Применение непараметрических моделей оценивания неопределенностей результатов измерений / П. С. Серенков // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2015. – № 3 (48). – С. 109–115.

4. Серенков, П. С. Метод последовательных трансформаций как альтернативная реализация байесовского подхода к оцениванию неопределенности измерений / П. С. Серенков, В. М. Романчук // Метрология и приборостроение. – Мн.: БелГИМ. – 2021. – № 4. – С. 9–16.

УДК 621.791

**ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ
ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ**

Студент гр. 11305120 Грибковский А. В.¹, соискатель Бережных Е. В.²
Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.¹

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Беларусь

Общепризнанными методами оценки неопределенности измерений выступают: модельный метод GUM, метод моделирования Монте-Карло, эмпирические методы, основанные на использовании результатов внутрилабораторных или межлабораторных исследованиях методов измерений [1–4].

С позиций системного анализа эти методы оценивания неопределенности измерений собственно таковыми не являются. Системный анализ предполагает, что критерием однозначности решения проблемы, связанной с объектом, является рассмотрение объекта как процесса [5]. В нашем случае объектом анализа выступает процесс оценивания неопределенности измерений, который включает этапы: 1) формулировка измерительной задачи; 2) приписывание распределение вероятности входным величинам X_i на основе имеющейся информации; 3) комплексирование вероятностных характеристик входных величин X_i в соответствии с моделью измерений $Y = f(X_i)$ с целью получения вероятностных характеристик выходной величины Y .

В качестве критерия результативности процесса оценивания неопределенности измерений выступает достоверность оценки. Очевидно, что достоверность оценки определяется прежде всего полнотой и неизбыточностью всего массива влияющих факторов, участвующих во всех этапах процесса, выступающего «скелетом» для идентификации источников факторов. С этой точки зрения существующие общепризнанные вышеперечисленные методы оценивания неопределенности измерений «покрывают» не весь процесс оценивания. Они касаются, как правило, только третьего этапа процесса оценивания и то, зачастую, не в полном объеме. Ни один из вышеприведенных методов не решает проблему обоснования множества входных влияющих величин X_i , корректного определения их вероятностных характеристик, обоснования функции связи $Y = f(X_i)$. Следовательно, нет оснований ожидать от приведенных выше методов оценивания неопределенности измерений требуемого уровня объективности и достоверности.

Корректный метод оценивания неопределенности в соответствии с системным подходом как «методологии решения проблем» должен включать реализацию всех трех этапов процесса, обеспечивая целостность решения задачи объективности и достоверности. При этом следует обратить внимание на тот факт, что каждый этап приведенного выше процесса оценивания, в свою очередь, может быть реализован различными альтернативными методами. Это предполагает, что реализаций процесса оценивания неопределенности измерений как алгоритмов решения задачи, представляющих сочетание на каждом этапе различных методов может быть множество. Данный факт открывает неограниченные возможности формирования корректного и одновременно эффективного алгоритма оценивания неопределенности метода измерений (испытаний) в конкретных условиях лаборатории по критерию максимальной целесообразности.

Литература

1. ГОСТ 34100.3-2017/ ISO/IEC Guide 98-3/ 2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.
2. ГОСТ 34100.3.1-2017/ ISO/IEC Guide 98-3/Suppl 1:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло.
3. EUROLAB Technical Report 1/2007: Measurement uncertainty revisited: Alternative approaches to uncertainty evaluation. – EUROLAB, 2007. – 62 p.
4. СТБ ISO/TS 21748-2019 Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценивании неопределенности измерений.
5. Оптнер, С. Л. Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США / С. Л. Оптнер; пер. с англ. С. П. Никанорова. – М.: Изд-во «Прогресс», 1969. – 254 с.

КОММУНИКАЦИИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СМК

Студент гр. 11305120 Гуринович А. А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С., кандидат техн. наук, доцент Давыдова Е. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В докладе рассматривается проблема реализации требований СТБ ISO 9001-2015 в отношении коммуникаций в рамках СМК. Представлены результаты анализа всего комплекса требований в отношении коммуникаций. Установлено, что коммуникации способствуют привлеченности персонала и более глубокому пониманию им контекста организации, потребностей и ожиданий потребителей и других соответствующих заинтересованных сторон, СМК в целом.

По аналогии с подходами организационного проектирования систем менеджмента коммуникации имеют две составляющих: инженерная и гуманистическая.

В докладе показано, что требования к СМК в отношении коммуникаций касаются инженерной составляющей, связанной с бизнес-процессами, а точнее с их планированием, обеспечением, управлением и улучшением.

В свою очередь, для формирования коммуникаций инженерного направления следует принять к сведению, что имеет место два аспекта. С одной стороны, необходимые требования к коммуникациям прописаны в СТБ ISO 9001-2015. Их наличие является необходимым доказательством функционирования СМК в организации. В частности, приведена классификация видов коммуникаций в СМК: 1) коммуникации между уровнями и функциями организации; 2) коммуникации внутренние и внешние. Определена необходимая структура коммуникации с позиций требований СТБ ISO 9001-2015: кто будет осуществлять коммуникации, о чем, когда, с кем, как. Особое внимание должно быть уделено коммуникациям с потребителем, которые должны включать: предоставление информации о продукции, обращение с запросами; организация обратной связи с потребителем; обращение с собственностью потребителя и т. д.

Установлено, что с другой стороны коммуникации инженерного направления – значительно шире по структуре, функциям, техникам исполнения. Этот аспект не регламентирован и рассмотрен в докладе.

В совокупности сеть каналов коммуникаций инженерного направления, используемая в организации, образует так называемую информационную систему. В докладе обосновано, что в рамках формирования инженерной составляющей СМК в организации задача обеспечения требований к коммуникациям инженерного направления сводится к разработке информационной системы. Основу информационной системы составляют два элемента: информационные потоки и организационная структура коммуникаций.

Установлено, что в рамках СМК функционируют два потока информации: нисходящий и восходящий.

Нисходящий поток – это поток информации в рамках функционирования подсистемы целеполаганий от высшего руководство с последующей детализацией целей и задач вплоть до линейных работников структурных подразделений.

Восходящий поток – это поток информации в рамках функционирования подсистемы сбора и анализа данных о качестве продукции и процессов.

Очевидно, что организационная структура коммуникаций должна быть синхронизирована с органограммой (организационной структурой) СМК, что отмечено выше, как обязательное требование (кто будет осуществлять коммуникации, о чем, когда, с кем). Дополнительно должны быть определены технические средства коммуникаций (как).

Гуманистическая составляющая коммуникаций тесно связана с понятиями «корпоративная культура», мотивация, вовлеченность. Очевидно, что эта составляющая не подлежит стандартизации и является сугубо внутренним делом конкретной организации. В докладе показано, что гуманистическая составляющая имеет не меньшую значимость, чем инженерная. Идентифицированы причины роста значимости гуманистической составляющей коммуникаций, определены наиболее перспективные подходы ее развития.

УДК 658.562

ФОРМИРОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ СМК

Студент гр. 11305120 Гуринович А. А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С., кандидат техн. наук, доцент Давыдова Е. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В докладе затрагивается один из ключевых вопросов организационного проектирования систем менеджмента – проектирование коммуникаций инженерного направления. Показано, что структура коммуникаций должна быть синхронизирована с организационной структурой СМК, которая, в свою очередь, должна быть согласована с функциональной моделью сети процессов.

В качестве исходных (базовых) положений рассмотрены результаты исследований результативности организационной структуры СМК [1]. Дан анализ предложенной классификации организационных структур (функциональные, целевые и смешанные), сформулированным принципом корректности их формирования.

В докладе рассмотрены техники коммуникаций для каждого класса организационной структуры. В частности, определены два вида коммуникаций: процессные и иерархические. Процессные коммуникации – взаимодействия исполнителей и ответственных исполнителей различных процессов потока работ. Иерархические коммуникации – взаимодействия исполнителей и руководителей структурных подразделений, персонал которых участвует в выполнении различных процессов потока работ. В условиях серийного и массового производства при наличии статистической прослеживаемости продукции и процессов такая система коммуникаций работает удовлетворительно и является устоявшейся в существующих системах менеджмента.

Сегодняшняя тенденция потребительских предпочтений индивидуализации продукции и услуг предопределила наступление промышленной революции «Индустрия 4.0», ее следствием является переход к единичному производству, основанному на понятии проекта как уникального процесса в соответствии с определением СТБ ISO 9 000. Характерными классами организационных структур, результативных с позиций [1], являются целевые и смешанные.

Анализ возможных вариантов организации производства в условиях проектной деятельности организации позволил выявить ряд особенностей, которые существенно снижают результативность традиционных коммуникаций (процессных и иерархических), привязанных к типичной целевой или смешанной организационным структурам, в достижении целей бизнес-процессов. На примере деятельности проектной организации строительного профиля определены источники дестабилизации основного процесса – проектирования. Это, прежде всего, нечеткое формулирование требований и неизбежное уточнение их заказчиком в процессе проектирования и сдачи проекта, а следовательно, неизбежная доработка проекта после первичной приемки заказчиком. Источники дестабилизации приводят к следующим последствиям, касающимся коммуникаций: авральному перемещению ресурсов (специалистов) между параллельными процессами; простоям или перегрузке оборудования, задействованного для выполнения процессов. Главные негативные результаты дестабилизации – временные потери (задержки выпуска), нерациональное использование ресурсов, что сказывается на результативности и эффективности СМК организации.

Предложено для адаптации целевой или смешанной организационной структуры организаций проектного типа к современным условиям промышленной революции «Индустрия 4.0» реорганизовать сложившуюся систему коммуникаций инженерного направления. Корректировка предполагает введение в сложившуюся систему процессных и иерархических коммуникаций дополнительного звена – структуру, реализующую горизонтальную связь между параллельными проектами (процессами). Назначение такой структуры – координация работы проектов (процессов) в случае сбоя запланированного производственного ритма повторной доработки проекта).

Литература

1. Серенков, П. С. Формирование рациональной организационной структуры с помощью комплексного процессного подхода / П. С. Серенков, В. В. Назаренко, О. И. Ромбальская // Методы менеджмента качества. – 2015. – № 7. – С. 24–32.

УДК 658.56

ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ КАСТОМИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Магистрант гр. 61331023 Дирша А. В.

Доктор техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кастомизация в общем понимании – это способ организации производства, в ходе которого конечный результат зависит от индивидуальных особенностей и требований потребителя, которые могут изменяться от изделия к изделию [1].

Спецификой организации кастомизированного производства является мелкосерийность, обусловленная постоянным изменением как набора технических требований к изделию, так и их величин в некотором диапазоне значений. Эффективной стратегией, позволяющей решать возникающие сложности, является организация производства по модульному принципу. «Модульность» позволяет максимально использовать все технические и технологические решения универсальную оснастку и стенды, характерные для массового производства, бороться с неизбежным наличием незавершенного производства, что позволяет сэкономить на производственных затратах.

Качество изготовления продукции определяется совокупностью свойств, процессов ее изготовления, соответствия этим процессам и ее результатов установленным требованиям. Необходимо иметь в виду, что при такой организации производства необходимо выполнить комплекс предварительных работ, обеспечивающих производство и контроль продукции.

Созданию изделия предшествует глубокое изучение целей и задач, для решения которых оно создается, точно формулируется служебное назначения изделия.

Определяются технические требования:

1. Четкое пространственное представление о конфигурации изделия.
2. Размеры и требуемая точность (допуски посадки).
3. Точность формы поверхностей и их взаимного расположения.
4. Условия эксплуатации.
5. Требования стойкости к внешним воздействиям.
6. Требования к надежности.
7. Режимы и продолжительность работы.
8. Требования к сырью, материалам, покупным изделиям.

Анализ требований – это процесс изучения и понимания требований, заявленных заинтересованными сторонами.

Главными задачами анализа требований являются:

1. Определение требований и нужд пользователей.
2. Выявление и устранение взаимоисключающих требований.
3. Уточнение требований, заявленных пользователем и определение приоритетных требований.
4. Классификация и структурирование требования по категориям и подкатегориям.
5. Оценка требований к качеству.

Анализ требований фокусируется на всех задачах, которые используются для определения требований или условий для выполнения проекта в соответствии с требованиями [2].

Учитывая модульность, мелкосерийность и незначительность конструктивных отличий выпускаемых изделий, их производство ориентировано на использование универсального оборудования. В то же время, большой спектр предъявляемых технических требований и широкий диапазон их варьирования, частая смена нормативно-методических документов, сопровождающих процедуры контроля и испытаний, требуют специальных организационных и научно-технических решений.

Литература

1. Тиомирова, О. Г. Исследование сущности и процесса кастомизации производства в цифровой среде функционирования / О. Г. Тихомирова // *Фундаментальные исследования*. – 2018. – № 9. – С. 93–97.
2. Вингерс, К. И. Разработка требований к программному обеспечению. – 2004. – С. 41–93.

УДК 004.056

ПРОЕКТ СТАНДАРТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ РАСШИРЕННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И РЕАГИРОВАНИЯ

Аспирант Добкач Л. Я.

Кандидат техн. наук, доцент Цирлов В. Л.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Системы расширенного обнаружения компьютерных атак и реагирования на них (сокращенно – XDR-системы) впервые были предложены компанией Palo Alto в 2018 году, после чего началось их постепенное внедрение на рынке средств защиты информации [1]. Однако это до сих пор больше маркетинговый ход, попытка компаний-разработчиков объединить либо все свои продукты в одном пакете услуг, либо совместить их с продуктами коллег и конкурентов.

С точки зрения защиты информации описанный подход может быть чреват излишними тратами и неэффективным применением СЗИ, что значительно и не лучшим образом влияет на уровень защищенности информационных ресурсов. Отсюда и необходимость подвести ясную, хотя и необязательно единственно возможную теоретическую базу под технологию, которую внедряют прямо в наше время.

Обзор компонентов различных XDR-решений от таких крупных компаний, как Palo Alto, Cisco, Fortinet, Kaspersky Labs и Positive Technologies, выявил принципиальные расхождения подходов к построению комплексной системы безопасности, но также позволил выделить наиболее важные и ключевые черты, которые должны быть присущи этой технологии.

Наиболее близким по функционалу классическим средством защиты информации можно назвать системы обнаружения вторжений (СОВ) уровня сети, и в связке с системой обнаружения и реагирования на конечных узлах (EDR), можно добиться построения минимально необходимого ядра XDR.

Компоненты сетевой СОВ и EDR получают на вход векторы $X(Q')$ и $Y(T')$ событий безопасности с принципиально разных уровней, что требует их приведения к общему виду для последующей работы классификаторов для распознавания компьютерных атак. Результатом этой процедуры является сокращение размерности $Q' \rightarrow Q$ параметров сетевой сессии и преобразование $Y(T') \rightarrow X(Q)$ параметров конечных узлов сети в формат параметров сессии. Процедура подготовительная и выполняется один раз для защищаемой сети [2].

Считая по умолчанию, что одна сетевая сессия может иметь больше одного узлового события безопасности, мы строим XDR-систему на основе обогащения сетевых данных параллельными сведениями с узлов, образующих защищаемую сеть. Таким образом, осуществляется анализ входящих потоков со всех сторон, что теоретически позволяет добиться более высоких результатов распознавания компьютерных атак, чем при использовании разрозненных классических СЗИ.

Другой немаловажный аспект – возможность внедрения алгоритмов машинного обучения в технологию XDR [3]. Широко известно, что сигнатурные средства защиты информации обладают высокой точностью, но, как правило, неспособны распознать вектор атаки, если ее сигнатура не содержится в базе данных СЗИ. Этот недостаток вынуждает использовать адаптивные методы обнаружения вторжений, в том числе искусственные нейронные сети, деревья решений и другие классификаторы вычислительного интеллекта.

Таким образом, предлагается рассматривать в качестве минимально допустимого стандарта технологии расширенного обнаружения и распознавания компьютерных атак совокупность (ансамбль) сетевой системы обнаружения вторжений и EDR-системы, основанных на адаптивных методах обнаружения вторжений.

Литература

1. Haddon, D. A. E. Zero trust networks, the concepts, the strategies, and the reality / D. A. E. Haddon // Strategy, Leadership, and AI in the Cyber Ecosystem. – Academic Press, 2021. – С. 195–216.
2. Hybrid Network Anomaly Detection Based on Weighted Aggregation Using Endpoint Parameters / L. Y. Dobkacz [et al.] // International Congress on Information and Communication Technology. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. – С. 269–278.
3. Pissanidis, D. L. Integrating AI/ML in Cybersecurity: An Analysis of Open XDR Technology and its Application in Intrusion Detection and System Log Management / D. L. Pissanidis, K. Demertzis // Preprints. – 2023.

БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК: КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ И УХОДА

Дубейко С. В.

Кандидат техн. наук, доцент Коробко Ю. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Неотъемлемой частью жизни современного человека является активный здоровый образ жизни, что в свою очередь, включает правильное питание, занятия спортом и др. Спорт и здоровый образ жизни неразрывно связаны друг с другом.

Спорт оказывает положительное влияние не только на физическое состояние человека, но также и на эмоциональное в том числе. В процессе выполнения различных физических упражнений от мускулатуры к мозгу отправляются миллионы нервных импульсов, они приводят всю нервную систему в повышенное деятельное состояние, это вызывает активизацию работы внутренних органов, увеличивает работоспособность человека, дарит прилив сил и бодрости.

Однако занятия спортом могут иметь и негативные последствия, например, наиболее ярко выраженные – травмы. Травмы в спорте практически неизбежны так как спорт – это вид деятельности, в которой риск получения травм и патологических состояний значительно повышен. И тренировочный процесс сам по себе является сложной и высокоорганизованной системой, которую нужно изучить, понять и уметь применить к каждому лицу, задействованному в процессе индивидуально. Таким образом, травмы являются неотъемлемой частью спорта.

В спортивном травматизме отмечается преимущественно поражение суставов, ушибы, переломы и травмы головы (в контактных видах спорта они наиболее распространены). Из всех травм, перечисленных выше наибольшие последствия проявляются у спортсменов при получении травм головы [1].

Связь между используемым защитным покрытием спортивных площадок и тяжестью полученных повреждений при занятиях спортом очевидна. Специальные покрытия спортивных площадок обуславливают поглощение энергии удара при нештатных ситуациях (например, при падении). У разных видов покрытий ударопоглощающие свойства отличаются друг от друга. Если учесть, что ударопоглощающие свойства покрытия значительно способствуют минимизации полученных травм, то именно на этот аспект стоит сделать основной акцент при выборе покрытия и его контроле [2–5].

Одним из методов контроля оценки эффективности покрытия площадки при падении, особенно травмирования головы, как травмы, приводящей к наиболее тяжким последствиям, является метод испытания на удар. Метод испытания на удар для определения ударопоглощающих свойств покрытий реализуется путем измерения ускорения при ударе. Испытуемое покрытие подвергается ударам испытательного модуля с различных высот падения. Средством измерения, используемым при этом для получения измерительной информации – акселерометр, который подает на устройство обработки и вывода измерительный сигнал при каждом произведенном ударе. Также при контроле покрытия не следует забывать и про подоснову для него. Поэтому необходимо производить измерение и контроль параметров подосновы. Рассматривая подоснову следует обратить внимание на характеристики прочности и деформируемости эти характеристики имеют взаимосвязь с коэффициентом уплотнения грунта.

Немаловажным фактором для поддержания безопасности спортсменов является периодический контроль. Существует необходимость в проведении контроля через определенный период времени. Взаимодействие между спортсменами и спортивным инвентарем приводит к износу покрытий. Это результат приложения сил к поверхности во время использования спортивных площадок, которое приводит к уплотнению почвы, разрывам и истиранию используемой поверхности (снижению ударопоглощающих свойств покрытий) [6–8].

В настоящее время наблюдается рост износа покрытий. Спортивные площадки стали многофункциональными и использоваться для проведения различных видов мероприятий. Не дорогие, общественные площадки, парки и площадки для отдыха, часто страдают от недостаточного ухода и чрезмерного износа. Высококласные площадки страдают от проблем измененной

микросреды из-за современных тенденций в проектировании стадионов с высокой вместимостью и от увеличения износа, вызванного проведением мероприятий.

В любом случае спортивные площадки должны подчиняться ряду определенных правил, обеспечивая комфортную и безопасную среду для занятия спортом. Взаимодействие между поверхностями спортивных площадок, спортсменом и спортивным инвентарем

присущим для данного вида спорта является ключом к безопасному и комфортному занятию спортом. На такое взаимодействие влияют различные факторы: конструктивное исполнение спортивных площадок, выбор поверхности для спортивных площадок и методы ухода. Спортивные площадки с низкими показателями качества могут ухудшить игровые возможности и повысить вероятность травм у спортсмена. Покрытие для спортивных площадок должно быть безопасным и соответствовать ряду правил присущих конкретному виду спорта [9].

В связи с информацией, представленной выше при производимом контроле спортивных площадок для наилучшего понимания способности используемого покрытия снижать вероятность повреждений головы предлагается производить периодический контроль двух показателей в комплексе: коэффициент уплотнения грунта и критерий повреждения головы, который рассчитывается по формуле из данных получаемых из измерения ускорения при ударах.

Литература

1. Association of artificial turf and concussion in competitive contact sports: a systematic review and meta-analysis / F. O'Leary [et al.] // *BMJ open sport & exercise medicine*. – 2020. – № 1. – P. e000695.
2. Meyers, M. C. Incidence, mechanisms, and severity of game-related college football injuries on FieldTurf versus natural grass: a 3-year prospective study / M. C. Meyers // *The American journal of sports medicine*. – 2010. – № 4. – P. 687–697.
3. Meyers, M. C. Incidence, mechanisms, and severity of game-related high school football injuries across artificial turf systems of various infill weights / M. C. Meyers // *Orthopaedic journal of sports medicine*. – 2019. – № 3. – P. 2325967119832878.
4. Orchard, J. Is there a relationship between ground and climatic conditions and injuries in football? / J. Orchard // *Sports medicine*. – 2002. – Vol. 32. – P. 419–432.
5. Perceived links between playing surfaces and injury: A worldwide study of elite association football players / A. C. Mears [et al.] // *Sports medicine-open*. – 2018. – Vol. 4. – P. 1–11.
6. Caple, M. Spatial analysis of the mechanical behaviour of natural turf sports pitches / M. Caple, I. James, M. Bartlett // *Sports Engineering*. – 2012. – Vol. 15. – P. 143–157.
7. A review of turfgrass sports field variability and its implications on athlete-surface interactions / C. M. Straw [et al.] // *Agronomy Journal*. – 2020. – Vol. 112. – № 4. – P. 2401–2417.
8. Within-field variability of turfgrass surface properties and athlete performance: modeling their relationship using GPS and GIS technologies / C. M. Straw [et al.] // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*. – 2020. – Vol. 234. – № 2. – P. 170–175.
9. Does variability within natural turfgrass sports fields influence ground-derived injuries? / Straw C. M. [et al.] // *European journal of sport science*. – 2018. – Vol. 18. – № 6. – P. 893–902.

УДК 621.31/36

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРИ КАЛИБРОВКЕ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

Дубейко С. В.

Кандидат техн. наук, доцент Коробко Ю. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В широком смысле под «прослеживаемостью» понимается возможность видеть историю использования чего-либо, например, историю местонахождения. В метрологии это понятие называется «метрологической прослеживаемостью» и связано оно с результатом измерения и используется, когда необходимо показать (проследить) его соотношение с основой для сравнения. Метрологическая прослеживаемость обеспечивает выполнение важнейшей задачи метрологии – обеспечения единства измерений. На законодательном уровне в Республике Беларусь метрологическая прослеживаемость установлена законом Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» и определена как свойство результата измерений, в соответствии с которым этот результат может быть соотнесен с национальным эталоном единицы величины или иной

основой для сравнения через документированную неразрывную цепь поверок средств измерений и/или калибровок. Таким образом, метрологическая прослеживаемость обеспечивает связь между результатом измерения или значением эталона и соответствующим опорным значением на более высоких уровнях. Она может быть обеспечена различными способами, но часто она осуществляется путем обеспечения неразрывной цепи калибровок, которая приводит к международному или национальному эталону, где на каждом этапе цепи оценивается и документируется неопределенность результата калибровки.

В предлагаемой работе предлагается вариант установления метрологической прослеживаемости при калибровке акселерометра, используемого при испытаниях специальных защитных покрытий спортивных и игровых площадок. Акселерометр – прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением). Специальные покрытия спортивных и игровых необходимы для снижения рисков получения травм при падениях. Известно, что обеспечение метрологической прослеживаемости может быть обеспечено путем передачи в процессе поверки размера единицы величины от национального эталона согласно поверочной схеме. Поэтому за основу была принята государственная поверочная схема для средств измерений виброускорения, которая приведена в МИ 2070-90. Схема отображает иерархию средств измерения виброускорения и нормирует на каждом этапе передачи размера конкретные средства измерений (СИ), допустимые погрешности СИ и методы поверки. На основе поверочной схемы была разработана и предложена иерархическая схема калибровки, которая также является фактором демонстрации и обеспечения метрологической прослеживаемости. На основании этой схемы была разработана схема метрологической прослеживаемости при калибровке акселерометра, которая показана на рис. 1

Кроме того, в целях реализации этапа передачи единицы величины виброускорения от рабочего средства измерения к эталонному средству измерения 2-го разряда были разработаны и предложены методика калибровки и методика оценивания неопределенности измерений акселерометра. При этом методика калибровки разработана в соответствии с требованиями Постановления Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 20 апреля 2021 г. № 42 «Об утверждении правил осуществления метрологической оценки в виде работ по калибровке средств измерений» и с учетом требований ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Само устройство используется с целью обеспечения безопасности детей на игровых площадках, в частности в отношении повреждений головы ребенка, получаемых при падении с игрового оборудования. Такие повреждения характеризуются наиболее тяжелыми последствиями [1–2].

Детские площадки являются важной частью жизни детей, которые играют на них, взаимодействуют друг с другом и развивают навыки, такие как социальная и физическая активность, творчество и воображение. Эти навыки и опыт, полученный на детских площадках, являются необходимыми для полноценного развития детей. Кроме того, следует отметить, что детские площадки могут оказывать положительное влияние на развитие родительских компетенций. Родители, которые активно взаимодействуют со своими детьми на детских площадках, улучшают свои социальные навыки и развивают более глубокие и продуктивные отношения [3].

Несмотря на это, многие детские площадки имеют свои проблемы, которые могут привести к травмам и неудачам. Некачественные материалы, устаревшее оборудование, плохое состояние покрытий и другие факторы могут представлять угрозу для безопасности детей. Поэтому необходимо обеспечить высокий уровень качества и безопасности детских площадок. Как следствие наблюдается необходимость контроля покрытий игровых площадок.

Акселерометры позволяют оценивать различные покрытия игровых площадок на способность смягчать удар при падении в зоне приземления оборудования игровой площадки. Модуль в свою очередь является основным элементом устройства и имеет алюминиевый корпус, внутри которого установлен трехосный акселерометр модели [4].

В качестве основы для сравнения при калибровке акселерометра использовалось следующее оборудование: виброустановка. Выбор виброустановки как основы для сравнения был обусловлен конструкцией (полусферическая форма) и массой самого модуля (масса 4,6 кг).

Дальнейшие этапы цепи калибровок проводятся в соответствии с приведенной на рис. 1 схемой.

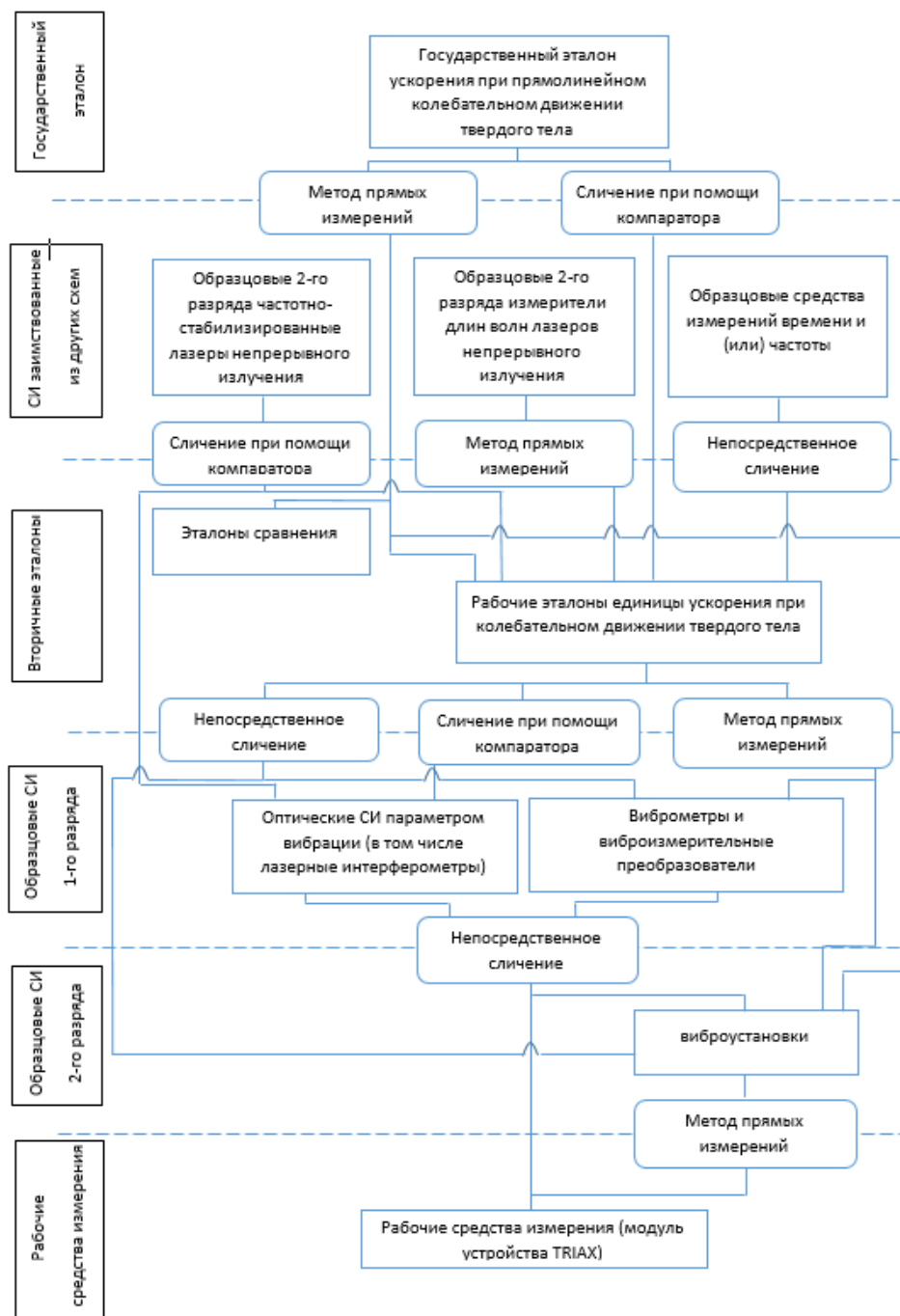


Рис. 1. Упрощенная схема передачи единицы виброускорения

Литература

1. Orchard, J. Is there a relationship between ground and climatic conditions and injuries in football? / J. Orchard // Sports medicine. – 2002. – Vol. 32. – P. 419–432.
2. Perceived links between playing surfaces and injury: A worldwide study of elite association football players / A. C. Mears [et al.] // Sports medicine-open. – 2018. – Vol. 4. – P. 1–11.
3. Caple, M. Spatial analysis of the mechanical behaviour of natural turf sports pitches / M. Caple, I. James, M. Bartlett // Sports Engineering. – 2012. – Vol. 15. – P. 143–157.
4. A review of turfgrass sports field variability and its implications on athlete-surface interactions / C. M. Straw [et al.] // Agronomy Journal. – 2020. – Vol. 112, № 4. – P. 2401–2417.

УДК 658

РАЗРАБОТКА КОНКУРСА «ЛУЧШИЙ ПРОЕКТ УЛУЧШЕНИЯ В СТРАНЕ, ОРГАНИЗАЦИИ, ОТРАСЛИ»

Студент гр. 11305120 Жданюк А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю. Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Разработка новых конкурсов в области качества является важным инструментом для стимулирования улучшения качества продукции и услуг, повышения конкурентоспособности организаций и удовлетворения потребителей. Для разработки критериев оценивания в конкурсе необходимо:

1. Определить цели и задачи конкурса.
2. Определить основные категории, по которым будут оцениваться участники конкурса.
3. Разработать конкретные и измеримые критерии оценки для каждой категории.
4. Определить вес каждого критерия в общей оценке участника.
5. Разработать систему баллов или шкалу оценки для каждого критерия.
6. Провести тестирование критериев на пилотных проектах, чтобы убедиться в их эффективности и корректности.
7. Непрерывно анализировать результаты оценки и собирать обратную связь от участников и экспертов, чтобы улучшать и совершенствовать критерии для будущих конкурсов.

Целью разработки нового конкурса в области качества [1] является стимулирование организаций к внедрению проектов, которые будут способствовать улучшению управления качеством, развитию знаний и инноваций, а также популяризация уже существующих инициатив по устойчивому развитию, повышение компетентности персонала и успешное внедрение проектного менеджмента.

Конкурс будет проводиться для юридических лиц, которые осуществляют деятельность на основе стратегического бизнес-планирования и используют методологию управления рисками, активами и проектами. Организации, претендующие на участие, должны иметь внедренную и сертифицированную одну или несколько систем менеджмента, такие как качество, охрана окружающей среды, здоровье и безопасность на рабочем месте, противодействие коррупции, информационная безопасность, энергетический менеджмент.

Конкурс будет проводиться в трех категориях: 1) лучшая идея по улучшению республиканского, регионального и отраслевого значения; 2) лучший запланированный проект улучшения; 3) лучший заверченный и внедренный в практику деятельности проект улучшения.

В качестве критериев и распределения весов предложены:

1. Уровень новаторства и оригинальности идеи в управлении качеством – 15 %.
2. Эффективность реализации инновации и достижение поставленных целей – 20 %.
3. Вклад в повышение эффективности управления качеством – 15 %.
4. Степень вовлеченности персонала в процесс внедрения инновации – 10 %.
5. Внедрение современных технологий и методов управления – 15 %.
6. Степень учета потребностей потребителей и заинтересованных сторон – 15 %.
7. Потенциал инновации для масштабирования и распространения на другие отрасли или организации – 10 %.

Для каждого критерия предложено использовать шкалу оценки от 1 до 5, где: 1 – не соответствует ожиданиям или отсутствует; 2 – ниже среднего уровня; 3 – удовлетворительно; 4 – хорошо; 5 – отлично. Для проведения экспертной оценки идей по улучшению проектов, включая запланированные, заверченные и внедренные в практику, секретариат комиссии должен организовать проведение оценки с привлечением независимых экспертов из центров стандартизации, метрологии и сертификации. В процессе экспертной оценки должна учитываться специфика каждого проекта.

Литература

1. Постановление государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 14 декабря 2023 г. № 90.

УДК 025.17

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА

Студент гр. 11305120 Изотов Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Токарь О. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Разработка межгосударственного стандарта на тему оборудования противодымной защиты зданий и сооружений, включая вентиляторы и методы испытаний на огнестойкость, имеет ряд обоснований: гармонизация требований, обеспечение безопасности, стимулирование инноваций, уменьшение технических барьеров, снижение издержек.

Межгосударственный стандарт позволит согласовать требования и методы испытаний в различных странах, что упростит процессы сертификации и соответствия для производителей и пользователей оборудования. Единые стандарты помогут повысить уровень безопасности зданий и сооружений за счет установки качественного и надежного оборудования противодымной защиты, что сократит риск человеческих жертв и материальных потерь в случае пожара.

Разработка стандарта может стимулировать инновации в области технологий противодымной защиты, включая разработку более эффективных вентиляционных систем и методов испытаний на огнестойкость, что способствует повышению уровня защиты зданий от пожаров. Единые стандарты уменьшают технические барьеры для торговли и обмена технологиями между странами, способствуя развитию международной кооперации и обмену опытом. Межгосударственный стандарт позволит сократить издержки на адаптацию и тестирование оборудования для соответствия различным национальным стандартам.

Разработка межгосударственного стандарта по оборудованию противодымной защиты зданий и сооружений является важным шагом для обеспечения безопасности и эффективности такого оборудования на международном уровне.

Оборудование противодымной защиты сооружений, а именно вентиляторы, являются ключевыми компонентами систем, предназначенных для обеспечения безопасности в случае пожара. Вентиляторы используются для удаления дыма, тепла и других вредных газов из зданий, обеспечивая эвакуацию людей и обеспечивая доступ пожарных и спасателей. Основные характеристики вентиляторов: производительность, огнестойкость, надежность, управляемость, соответствие стандартам. Перечень документов в этой области приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Перечень ТНПА и документы в области технического нормирования и стандартизации оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы

Обозначение ТНПА	Наименование ТНПА
Региональный уровень. Региональные (межгосударственные) стандарты	
ГОСТ 27434-87	Вентиляторы приточно-вытяжные для систем воздухообмена. Общие технические условия
Национальный уровень. Национальные стандарты других государств	
ГОСТ Р 53302-2009	Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Метод испытаний на огнестойкость
ГОСТ Р 54755-2011	Дымоудаление из зданий. Функциональные требования и методы испытаний
Национальный уровень. Национальные стандарты Республики Беларусь	
СТБ 11.03.03-2007	Системы противодымной защиты. Требования безопасности
СТБ 11.03.04-2007	Системы противодымной защиты. Методы испытаний на огнестойкость вентиляционного оборудования
Международный уровень. Международные стандарты	
ISO 834-1:1999	Пожарная резистентность элементов строительных конструкций и оборудования. Часть 1: Метод испытаний стандартного пожара для строительных конструкций
ISO 2286-1:2004	Противодымные вентиляционные системы. Часть 1: Общие требования

Общее количество идентифицированных ТНПА и документов в области технического нормирования и стандартизации на оборудование противодымной защиты зданий и сооружений, вентиляторы: на региональном уровне – 1, на национальном уровне – 4, на международном уровне – 2.

МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

Студент гр. 11305123 Кисляков Н. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Метод парного сравнения – инструмент, который позволяет выбрать один подходящий вариант из нескольких. Автор этого метода – Луис Леон Терстоун. Наиболее примечательный пример использования данного метода является сравнение различия между сотрудниками по важным критериям для эффективной работы.

Рассмотрим упрощенный метод парного сравнения для оценки персонала на практике. В некоторых задачах этот метод применяется в явном виде и не требует дополнительного исследования. Для начала определяют, по какому критерию будут сравнивать специалистов. Можно выбрать любое количество пунктов, но чем больше, тем сложнее оценивать. Выбрать для оценки можно, например, профессиональное или личностное качество. Количество сравнений для оценки определенного количества сотрудников определяется по формуле:

$$\text{Количество сравнений} = \text{Число сотрудников} \cdot (\text{Число сотрудников} - 1) / 2. \quad (1)$$

Главный недостаток метода – его можно использовать для оценки небольших групп людей. В заготовленную таблицу вносим данные сотрудников и «критерий», по которому будем проводить сравнение. Если сотрудник соответствует критерию, в поле ставится единица, если не соответствует, то в поле ставится ноль, по окончании сравнения подводятся итоги и выбирается лучший сотрудник, табл. 1.

Таблица 1 – Пример оформления парного сравнения по «критерий»

Критерий				
Фамилия	Сотрудник 1	Сотрудник 2	Сумма	ранг
Сотрудник 1	x	1	1	1
Сотрудник 2	0	x	0	2

Было проведено исследование, в ходе которого сравнили сотрудников некоторой организации. В данном исследовании использовали минимальное число сотрудников равное 3. Количество сравнений определили по формуле: (1) Количество сравнений = $3 \cdot (3 - 1) / 2 = 3$.

Оценивали сотрудников организации по критерию «исполнительность» исходя из мнения менеджера, табл. 2.

Таблица 2 – Результаты парных сравнений

Исполнительность					
Фамилия	Шух	Лахмотко	Ковган	Сумма	Ранг
Шух	x	0	0	0	3
Лахмотко	1	x	0	1	2
Ковган	1	1	x	2	1

По итогам сравнения сотрудников вышло: Шух с общим количеством баллов находится на последнем месте, Лахмотко с общим количеством баллов находится на втором месте и Ковган, обладающий максимальным количеством баллов, находится на первом месте.

Литература

1. Метод парного сравнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hr-director.ru/article/67496-metod-parnogo-sravneniya-19-m10>. – Дата доступа: 27.02.2023.
2. Применение метода парных сравнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://usabilitylab.ru/blog/oevoe-primenenie-metoda-parnyix-sravnenij/>. – Дата доступа: 27.02.2023.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ СТЕГАНОГРАФИИ

Ст. преподаватель Ковынёв Н. В.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Задача защиты информации актуальна на протяжении всей истории человечества. Одним из главных направлений для решения данной задачи является стеганография. Основной принцип стеганографии – сокрытие существования тайного сообщения.

В современных реалиях актуальна цифровая стеганография. Она реализуется стеганографической системой (стегосистемой), которая состоит из контейнеров, скрывающих объектов. При помощи контейнеров осуществляется стеганографическая (скрытая) передача секретной информации. В качестве стеганографических контейнеров могут быть использованы аудиофайлы, видеофайлы, изображения, текстовая информация, их классификация приведена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация систем цифровой стеганографии

Методы цифровой стеганографии достаточно широко применяются. В качестве примеров можно привести алгоритмы подлинности изображений для цифровых камер, реализация которых содержала шифрованные данные о дате и географических координатах съемки. Подлинность изображений проверялась при помощи специализированного программного обеспечения и смарт-карт. Также были реализации технологий цифровой стеганографии от производителей принтеров, чтобы затруднить использование принтеров для печати фальшивых денег или фальшивых ценных бумаг. Реализация данного способа заключалась в следующем: на каждой напечатанной странице в определенном порядке размещалась группа точек, которая содержала информацию о модели принтера и его серийный номер, данная группа точек имела очень маленький размер, доли миллиметров, и была видна только при использовании определенного света и оптического увеличения.

Одним из важных аспектов цифровой стеганографии становится ее применение в сфере искусственного интеллекта (ИИ) для защиты авторских прав и проверок работ на подлинность. Данная задача достаточно объемна и многогранна, цифровую стеганографию можно применять для установки подлинности текстовых файлов, музыкальных файлов, видеофайлов и многих других, чтобы установить кто был автором, человек или работа алгоритма искусственного интеллекта. Если рассматривать данную проблему относительно документов, то в той сфере реализованы алгоритмы цифровой стеганографии в электронной цифровой подписи (ЭЦП). При помощи ЭЦП можно подписать любой файл, который после данной процедуры станет цифровым документом. При изменении каких-либо данных в документе, факт подмены достаточно легко обнаружить. Также достаточно легко идентифицировать автора документа при помощи сертификата открытого ключа.

Для защиты информации, не составляющей документацию, которая написана при помощи технологий искусственного интеллекта, можно предложить такие варианты как: сокрытие QR-кода со ссылкой, которая ведет на ресурс ИИ, в изображениях, видеозаписях или текстовой

информации; встраивание уникального ключа, который содержит информацию об ИИ, время и дату генерации. Для реализации данных способов понадобится сервис, который будет устанавливать авторство работ, человек или системы ИИ.

Стоит отметить, что стеганография развивается вместе с цифровыми технологиями, что позволяет находить новые способы ее применения, реализацию новых алгоритмов цифровой стеганографии. В наше время цифровая стеганография успешно применяется для защиты документов и ценных бумаг от подделок. К сожалению, современные методы стеганографии, стойкие к стегоанализу, базируются в большинстве на псевдослучайных последовательностях, которые накладывают определенные требования и ограничения на стегосистему и средства вычислительной техники, на которых она реализована.

В будущем возможно появление более стойких цифровых данных, которые будут более защищенным от изменений злоумышленниками. Однако, вместе со способами защиты будут совершенствоваться и способы атаки на стеганографические способы передачи информации и на стегоконтейнеры.

Литература

1. Грибунин, В. Г. Цифровая стеганография / В. Г. Грибунин, И. Н. Оков, И. В. Туринцев. – М.: Солон-Пресс, 2009. – 272 с.
2. Орлов, Д. Ю. Цифровая стеганография и ее применение / Д. Ю. Орлов // XXV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Материалы конференции. Под общей редакцией Д. А. Погоньшева. – Нижневартковск, 2023. – С. 123–127.
3. Щеголихин, И. С. Разработка стеганографического метода защиты информации, для передачи информации внутри изображения с аддитивной цифровой моделью / И. С. Щеголихин, Д. А. Жердев, М. В. Коновалов // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. – 2023. – № 3 (49). – С. 90–95.

УДК 339.5

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ТРЕТЬИХ СТРАН ДЛЯ СОДЕЙСТВИЯ ЭКСПОРТУ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Студентка гр. 11305120 Коновалова А. П.

Кандидат техн. наук Давыдова Е. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для Республики Беларусь экспорт является одним из основных приоритетов развития экономики, поэтому созданию эффективной системы его поддержки уделяется повышенное внимание. Механизмы стимулирования экспорта постоянно совершенствуются и развиваются, создавая условия для наращивания экспортного потенциала страны.

Объем экспорта продукции предприятий Республики Беларусь в государства международного сообщества во многом определяются видами, многообразием и «жесткости» применяемых этими государствами технических мер (барьеров) в торговле. Такое многообразие, обуславливается как национальными критериями или интересами, так и участием стран в различных международных и региональных экономических образованиях/союзах, где устанавливаются критерии, правила и процедуры с учетом экономических интересов стран участников. Одним из важных условий снятия технических мер (барьеров) в торговле является создание условий о взаимном признании, основанных на достигнутой эквивалентности технических требований, процедур оценки соответствия и компетентности органов, выполняющих эти процедуры [1].

В последние годы в нашей стране увеличивается объем экспорта пищевой продукции в третьи страны, в том числе и Китайскую Народную республику. Поставляемая продукция при этом должна соответствовать стандартам КНР и проходить обязательную сертификацию, инспекцию и регистрацию. Однако, проблема заключается в том, что регламенты изложены недостаточно подробно. Кроме того, Китайская система регулирования не всегда предсказуема, требования могут интерпретироваться по-разному, в зависимости от того, в какой порт прибывает продукция и служба какого министерства проводит контроль.

В Китае действует Закон о безопасности пищевой продукции, принятый на 7-ой сессии Постоянного Комитета Всекитайского Собрания Народных Представителей 11-ого созыва 28 фев-

раля 2009 г. (изменен 24 апреля 2015 г.). Требования к продукции установлены в GB 14881-2013 Государственный стандарт по безопасности пищевой продукции «Общий санитарно-гигиенический стандарт на производство пищевой продукции».

При поставках следует учитывать и требования GB 31605-2020 Государственного стандарта безопасности пищевой продукции «Санитарные нормы к холодильной логистике пищевых продуктов», важным требованием которого является создание информационной системы, связанной с хранением и транспортировкой пищевой продукции. GB 31621-2015 Государственный стандарт по безопасности пищевой продукции «Гигиеническая практика для процессов производства пищевой продукции» установлены требования к персоналу и системам управления, прослеживаемостью и отзывам, управлению документацией.

Освоение требований и разработка нормативного обеспечения при поставках на экспорт в третьи страны будет способствовать наращиванию экспортного потенциала, привлечению валютных средств в страну и стабилизации экономики Республики Беларусь.

Литература

1. Лабодаев, В. И. Анализ систем технического регулирования в государствах международного сообщества для устранения технических барьеров в торговле и содействия экспорту / В. И. Лабодаев, Е. А. Давыдова // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. Минск, 30–31 марта 2023 г. / под общ. ред.: В. Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2023. – С. 356–360.

УДК 005.6(075.8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ

Студент гр. 11305121 Корякин М. С.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю. Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Стремительный темп развития технологий требует от организаций быть в постоянном движении и ускорять процессы создания продукции для обеспечения конкурентных преимуществ. У этой тенденции в ближайшем будущем не предвидится замедления или остановки. Из этого вытекает необходимость сокращения, оптимизации или ускорения процессов, требующих больших временных затрат и не приносящих дополнительной прибыли. К таким процессам можно отнести нахождение оптимальных с точки зрения функционирования изделия и затрат на его изготовление соотношений допусков составляющих звеньев параметрических цепей. При решении задачи методом «проб и ошибок» нужно рассмотреть значительное количество вариантов соотношений норм точности параметров. И если с простыми изделиями, состоящими из небольшого числа деталей это возможно выполнить в разумное время, то с увеличением сложности изделий время, затраченное на расчеты, растет, достигая нерентабельно больших значений. Ускорения при расчетах можно достичь за счет отбрасывания не перспективных по мнению конструктора вариантов. Для этого необходима высокая квалификация специалиста, но и в этом случае возможны ошибки. Сократить время проекторочного расчета можно используя компьютер и нейросети.

Искусственные нейронные сети (ИНС) имеют в основе своего построения принципы организации и работы биологических аналогов [1]. К задачам, которые они решают, относятся идентификация, классификация образов, аппроксимация функций, прогнозирование, оптимизация, ассоциативная память, управление сложными объектами. Для экспертных систем традиционно используется подход, основанный на описании предметной области в виде аксиом «если–то» и правил вывода, при этом требуется знать весь набор требуемых закономерностей. Нейронная сеть решает трудно формализуемые задачи используя подход, основанный на примерах, с помощью которых настраивается адаптивная система с заданной степенью достоверности. В качестве такого примера может быть использована методика «сквозного» проектирования норм точности изделия [2], которая реализует известный системный подход Quality Function Deployment (QFD) – «структурирование функции качества» и представлена как алгоритм, включающий полный цикл проектирования норм точности: от требований технического задания к изделию до требований к параметрам сборочных единиц и деталей.

Процедура проектирования норм точности заключается в «послойном» распределении комплексного показателя качества изделия, заданного в виде допускаемого диапазона рассеяния, между влияющими параметрами в соответствии с иерархией структуры изделия (функциональные устройства, конструктивные цепи, соединения деталей, детали).

Общий алгоритм проектирования норм точности состоит на каждом уровне иерархической «пирамиды» изделия из решения следующих задач: выявление влияющих факторов, оценка их влияния на замыкающее звено параметрической цепи, назначение норм точностей на составляющие звенья, комплексирование полей допусков параметров. Две последние задачи могут быть успешно решены ИНС. Для этой цели возможно использование существующих в настоящее время компьютерных программ, которые позволяют создавать, обучать и использовать нейронные сети для большого спектра практических задач. Программы отличаются степенью универсальности, интерфейсом, сложностью создания и обучения нейронной сети, простотой подготовки обучающей выборки, возможностью использования собственных критериев оптимизации. Большинство нейропакетов имеют библиотеки готовых нейронных структур и алгоритмов обучения, что значительно облегчает задачу.

Литература

1. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
2. Серенков, П. С. Методы менеджмента качества. Проектирование норм точности / П. С. Серенков, Ю. Б. Спесивцева. – Мн.: БНТУ, 2009. – 380 с.

УДК 338.45.620

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Студент гр. 10603222 Кречко А. А.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В условиях стремительных технологических изменений и постоянного развития энергетического сектора, следует думать о том, как повысить энергетическую эффективность, обеспечить устойчивое и экологически чистое энергоснабжение, а также укрепить конкурентоспособность страны на мировой арене.

Для стимулирования энергосберегающих мероприятий среди потребителей необходимо внедрить образовательные программы по обучению населения и предприятий методам энергосбережения и эффективному использованию энергии. Также предполагается модернизация старых энергетических систем на более современные и энергоэффективные.

Увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергобалансе страны является приоритетной задачей. Для этого стоит привлечь инвестиции для создания современной инфраструктуры: строительство солнечных и ветровых ферм, гидроэлектростанций и других объектов, способных генерировать энергию из возобновляемых источников. Внедрение мер поощрения, таких как субсидии, льготы на налоги или кредиты с низкой процентной ставкой для проектов ВИЭ, создаст благоприятные условия для инвесторов и предприятий, ориентированных на производство энергии из возобновляемых источников. С увеличением доли ВИЭ и повышением общего энергопотребления необходимо адаптировать сетевую инфраструктуру для обеспечения стабильного и эффективного распределения электроэнергии.

Утверждение Государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы в Республике Беларусь оказывает важное воздействие на развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [3]. Программа предполагает увеличение доли энергии, производимой из возобновляемых источников, что расширяет возможности для создания солнечных, ветровых, гидроэнергетических и других установок ВИЭ. Кроме того, программа акцентирует внимание на максимально возможном вовлечении собственных тепловых энергетических ресурсов (ТЭР) в топливный баланс. Одной из целей программы является сближение энергоёмкости валового внутреннего продукта (ВВП) с мировым уровнем. Это подразумевает более эффективное использование энергии и, возможно, переход к более чистым источникам, включая ВИЭ. Про-

грамма выражает соответствие Целям устойчивого развития, особенно ЦУР 7, которая направлена на обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. Согласно программе, предполагается работа по снижению энергоёмкости ВВП, что может включать в себя внедрение технологий энергосбережения и эффективного использования ресурсов.

Государственная программа «Энергосбережение» оказывает положительное воздействие на развитие ВИЭ, способствуя устойчивости и снижению вредного воздействия на окружающую среду, что важно в контексте глобальных стратегий устойчивого развития. Таким образом, повышение энергетической эффективности, интеграция возобновляемых источников энергии, укрепление сетевой инфраструктуры, реализация энергосберегающих мероприятий, поощрение инноваций, привлечение инвестиций в чистые технологии и эффективное управление ресурсами становятся фундаментом для достижения энергетической устойчивости страны.

Литература

1. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100103>. – Дата доступа: 20.02.2024.

УДК 004.942

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ «ИНДУСТРИИ 4.0»

Студент гр. 11305122 Лужинская А. И., аспирант Гомма М. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Сегодня Индустрия 4.0 представляет собой интеллектуальную сеть машин и процессов, работающих на благо индустрии с помощью информационных и компьютерных технологий. Появление цифровых двойников является одним из результатов развития цифрового производства, новой промышленной революции и интернета вещей. С появлением интернета вещей (IoT) технология внедрения цифрового двойника стала экономически выгодной и стала получать все большее признание в обществе. За последние несколько лет определение и перспективы цифровых двойников эволюционировали, но основная идея осталась прежней, виртуальная копия физического объекта [1].

Существует множество вариантов использования цифровых двойников, и так как это очень интересная отрасль с точки зрения исследований и инноваций, их список постоянно растет. Чаще всего цифровые двойники помогают: утверждать системные модели благодаря данным реального мира; принимать решения и предупреждающие действия; прогнозировать изменения, происходящие с физическим объектом со временем; находить новые возможности применения и источники дохода. С использованием цифрового двойника может быть произведено имитационное моделирование процессов производства и рассчитаны все необходимые организационно-технологические параметры. Задавая разные сценарии выполнения процессов в двойнике, могут быть найдены оптимальные технология и организация реализации процессов. Для целей процессной оптимизации в двойнике по результатам симуляции собираются необходимые параметры, проводится их статистический, прогностический и пр. анализ, используются принципы и методы их оптимизации, известные в научной организации труда, в частности, инструменты бережливого производства (Лин Шесть Сигма – Lean Six Sigma – LSS) и пр. [2].

Использование цифровых двойников несет в себе множество потенциальных преимуществ:

- 1) расширенные возможности моделирования;
- 2) улучшенное управление и оптимизация процессов;
- 3) расширение возможностей виртуальной и дополненной реальности;
- 4) улучшение процесса проектирования и разработки (позволяют проводить тестирование и оптимизацию концепций и дизайнов до физической реализации) [3].

Недостатками технологии цифрового двойника являются: ограниченность информации; ограниченность контроля; зависимость от точности данных; уязвимость к кибератакам; непредсказуемость (он основывается только на доступной информации и не учитывает «неожиданные» ситуации или переменные); ограничения вычислительной мощности (для создания и об-

работки данных может потребоваться значительное количество вычислительных ресурсов); проблемы совместимости.

В целом, технология цифрового двойника позволяет создавать виртуальные модели реальных объектов или систем, что значительно упрощает их анализ, оптимизацию, предсказание и управление.

Литература

1. Петренко, С. И. Оценка влияния внедрения цифрового двойника на эффективность бизнес-процессов промышленного предприятия: магистерская диссертация / С. И. Петренко. – Екатеринбург, 2022. – 142 с.

2. Кораблев А. В. Ключевые функциональность и преимущества использования цифровых двойников в промышленности / А. В. Кораблев // Цифровая экономика. – 2019.

3. Царев, М. В. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования / М. В. Царев, Ю. С. Андреев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2021. – № 7. – С. 517–531.

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Студент гр. 11305122 Лужинская А. И., аспирант Гомма М. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Машинное обучение – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение за счет применения решений множества сходных задач. Машинное обучение используется для решения трех основных задач: классификации (отнесения объекта к заранее известному классу), прогнозирования (выполняется предсказание значения некоторой характеристики объекта, процесса или явления) и кластеризации (выявление новых категорий (кластеров), к которым можно относить объекты) [1].

Согласно методологии CrispDM, внедрение методов машинного обучения включает в себя постановку задачи, изучение данных и их подготовку, моделирование (построение прогнозирующей модели и подбор ее параметров), оценку полученной модели, внедрение и поддержку. Часто с машинным обучением связывают завышенные ожидания: считается, что нужно выбрать самый сложный или модный алгоритм, предоставить ему побольше данных для обучения – и успех придет сам собой. Однако следует помнить, что применение машинного обучения подразумевает выполнение определенной последовательности действий и успешность полученной модели зависит не только от выбора алгоритма обучения, но и от правильного выполнения каждого этапа этой последовательности [2].

Преимуществами машинного обучения являются: 1) повышение эффективности и автоматизации (технология может быстро и эффективно обрабатывать большие объемы данных, что позволяет быстрее и точнее принимать решения); 2) улучшенные возможности принятия решений (алгоритмы могут выявлять закономерности и делать прогнозы на основе исторических данных, что повышает точность решений и снижает необходимость человеческого контроля); 3) Способность обрабатывать большие объемы данных; 4) потенциал экономии затрат; 5) способность выявлять закономерности и делать прогнозы.

Машинное обучение также обладает рядом недостатков: 1) высокая стоимость внедрения; 2) потребность в больших объемах данных; 3) зависимость от качества данных (некачественные данные могут привести к неточным или ненадежным результатам); 4) предвзятость данных или алгоритмов (алгоритмы могут непреднамеренно внести предвзятость, если данные, используемые для их обучения, не являются репрезентативными для населения, которому они предназначены); 5) отсутствие прозрачности в принятии решений (программы могут быть сложны для понимания и интерпретации); 6) потенциал потери работы (системы машинного обучения автоматизируют задачи, которые ранее выполнялись людьми, существует риск потери работы для тех, кто ранее выполнял эти задачи).

Машинное обучение – наука об алгоритмах, которые самостоятельно настраиваются на полученных данных. В основном машинное обучение используется в задачах прогнозирования, где по входным данным необходимо предсказать выходные данные. Преимущество машинного обучения в том, что прогнозирующую функцию не обязательно задавать в явном виде, а достаточно определить ее общий параметризованный вид, автоматически настроив параметры по обучающей выборке [3].

Литература

1. Конев, К. А. Использование методов машинного обучения в задачах принятия решений при обеспечении качества в приборостроении / К. А. Конев // Экономика. Информатика. – 2022. – Т. 49. – № 4. – С. 820–832.
2. Китов, В. В. Практические аспекты машинного обучения / В. В. Китов // Открытые системы. СУБД. – 2016. – № 1. – С. 14–17.
3. Кондратенко, Е. В. Этапы создания модели машинного обучения / Е. В. Кондратенко // Информационные технологии в образовании, науке и производстве [Электронный ресурс]: материалы научно-технической интернет-конференции, Минск, 21–22 ноября 2022 г. / сост. М. Г. Карасева. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 160–165.

УДК 661.174

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11305120 Макаренко Е. С.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю. Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Средства огнезащиты имеют огромную актуальность в современном мире, где пожары и возгорания часто приводят к катастрофическим последствиям. Огнезащитные средства помогают снизить риск возникновения пожаров и смягчить их последствия, защищая людей и имущество от огня.

Средство огнезащиты – это уникальный состав или смесь веществ, которые способны снизить горючесть строительных материалов и повысить их огнестойкость. Оно разработано для обработки различных объектов с целью обеспечения необходимой защиты от огня [1].

Текстильные материалы, такие как шторы, занавеси, мягкая отделка мебели и другие текстильные изделия интерьера, могут легко загореться и распространить огонь. Поэтому обработка таких материалов огнезащитными средствами становится необходимостью. Кроме того, огнезащита помогает сохранить целостность материала и уменьшить его повреждение в случае пожара.

Огнезащита текстильных материалов – это специальная обработка с применением огнезащитных средств, которая позволяет снизить риск возгорания текстиля. Эта обработка может включать поверхностную защиту с образованием на поверхности несгораемых соединений или добавление замедлителей горения непосредственно в состав волокон или изделий в процессе производства [2].

Огнезащитные средства для штор, занавесей и мягкой отделки мебели применяются в коммерческих и общественных помещениях, где требования к пожарной безопасности особенно строгие. Это могут быть отели, рестораны, торговые центры, аэропорты, больницы, учреждения культуры, учебные заведения и другие объекты. Также средства огнезащиты могут использоваться в жилых помещениях, особенно если требования к пожарной безопасности установлены законодательством. Важно отметить, что использование качественных огнезащитных средств помогает сохранить целостность и долговечность текстильных материалов, что также является большим преимуществом.

Методы испытаний текстильных материалов и эффективность их защиты определяется такими параметрами, как огнестойкость, воспламеняемость, устойчивость к мокрой обработке, способность распространения пламени по поверхности, сохранность огнезащитных свойств.

В настоящий момент в области обеспечения методов испытаний средств огнезащиты для текстильных материалов и изделий на воспламеняемость и устойчивое горение (тление) действуют СТБ 11.03.02-2010, ГОСТ Р 50810-95, BS 5438:1989. Анализ документов показал, что

нормативно-методическое и метрологическое обеспечение испытаний имеет противоречия, которые создают неравные условия для производителей огнезащитных покрытий в странах Евразийского экономического союза при получении сертификата соответствия продукции.

Для обеспечения удобства работы и взаимодействия между странами Евразийского экономического Союза необходимо разработать общий межгосударственный стандарт, который будет соответствовать основным принципам стандартизации и предусматривать учет приоритетных направлений в этой области. Стандарт должен устанавливать единые требования к средствам огнезащиты для текстильных материалов и изделий, методы испытаний, а также содержать указания по их применению и эксплуатации.

Литература

1. Пожарная безопасность: энциклопедия / Всеросс. науч.-исследоват. ин-т противопожарной обороны. – 6-е изд., испр. и доп. – Москва: ВНИИПО, 2019. – 603 с.
2. Способы и средства огнезащиты текстильных материалов. – М.: ВНИИПО, 2004. – 48 с.

УДК 001.893:65.011.56:658.562

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЕТАЛИ ШАРОШЕЧНОГО ДОЛОТА

Студент гр. 11305120 Мишуткин И. А.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Шарошечные долота широко используются в горнодобывающей промышленности для добычи горных пород; в строительстве, при сооружении тоннелей метро и других сферах. Основной шарошечного долота составляют шарошки, вращающиеся с высокой скоростью, находясь на специальных шариковых подшипниках. Одна из дорожек качения выполнена на несущей детали, называемой лапой. Одним из наиболее важных функциональных геометрических параметров этой детали является расстояние от ее базовой торцевой поверхности до плоскости симметрии тороидальной дорожки качения. Разноразмерность этого параметра у различных лап будет сказываться на неравномерности распределения нагрузки между шарошками. Кроме этого, разноразмерность в разных продольных сечениях одной и той же лапы будет приводить к торцевым биениям шарошки и к увеличению ее износа. Поэтому данный параметр необходимо контролировать с достаточно высокой точностью. При этом специфика задания этого параметра и особенности конфигурации детали не позволяют использовать напрямую для контроля данного параметра стандартизованные универсальные средства измерения и требуют разработки специального средства измерения. В настоящее время на предприятии для решения данной измерительной задачи используется накладное контрольное приспособление на базе индикатора часового типа. Оно крайне неудобное в настройке и использовании и характеризуется большой неопределенностью фиксирования средней плоскости тороидальной канавки и как результат – большой погрешностью измерения контролируемого параметра. С учетом этого обстоятельства нами предлагается принципиальная схема контрольного приспособления станкового типа для решения поставленной задачи, представленный на рис. 1.

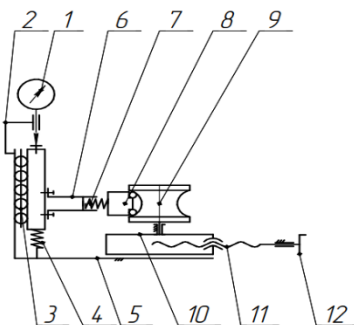


Рис. 1. Средство измерения расстояния от базовой торцевой поверхности детали до плоскости симметрии тороидальной дорожки

На рис. 1: 1 – индикаторная измерительная головка; 2 – специальная стойка; 3 – каретка вертикального перемещения чувствительного элемента; 4 – амортизирующая пружина вертикальной каретки; 5 – несущая плита; 6 – стакан; 7 – пружина чувствительного элемента, создающая необходимое измерительное усилие; 8 – чувствительный элемент средства измерения; 9 – объект контроля (ОК); 10 – каретка перемещения ОК в радиальном направлении; 11 – винтовая передача каретки перемещения ОК в радиальном направлении; 12 – маховик винтовой передачи каретки перемещения ОК в радиальном направлении.

УДК 658

МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ КОНТЕКСТА ОРГАНИЗАЦИИ

Студент гр. 11305120 Отчик Ю. Ю.

Ст. преподаватель Ленкевич О. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из требований СТБ ISO 9001–2015 к системе менеджмента качества (СМК) является установление контекста организации, который должен включать понимание потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение области применения системы менеджмента качества, систему менеджмента качества и ее процессов [1].

Контекст организации – это комбинация внутренних и внешних факторов, которые могут оказать влияние на способность организации достигать запланированных результатов ее СМК [1]. Систематизация этой информации позволяет оценить сильные и слабые стороны в деятельности организации, риски и возможности, связанные с реализацией бизнес-процессов, что должно учитываться при стратегическом планировании, а также при установлении целей в области качества. Цели в области качества организаций отличаются, а значит и факторы для конкретных систем менеджмента будут различаться.

Для установления контекста на стратегическом уровне могут быть использованы как SWOT-анализ, так и PESTLE-анализ. Также можно применять различные вариации PESTLE анализа и модель GETS.

SWOT-анализ (*S* – Strengths (сильные стороны); *W* – Weaknesses (слабые стороны); *O* – Opportunities (возможности); *T* – Threats (угрозы)) прост в реализации и не требует специальной подготовки для проведения. Проводится обычно персоналом, ответственным за принятие стратегических решений – руководителями ключевых служб, менеджеров высшего звена, представителей службы качества организации.

Последовательность анализа контекста:

Шаг 1. Определить основные факторы, влияющие на устойчивое развитие организации, например, анализируя результаты внутреннего и внешнего аудитов.

Шаг 2. Оценить какие стратегические цели установлены в рамках рассматриваемой системы менеджмента. Это важный шаг, т. к. значимость выделенных факторов должна оцениваться как степень влияния на цели. Не зная целей, невозможно оценить степень влияния на них и, следовательно, невозможно оценить значимость фактора.

Шаг 3. Оценить возможности и угрозы по их вероятности наступления и степени влияния на деятельность организации.

Шаг 4. Провести анализ взаимовлияния возможностей и угроз внешней среды и сильных и слабых сторон организации.

Шаг 5. Проранжировать выявленные факторы по степени их значимости

Шаг 6. Сформулировать основные стратегические направления развития организации и формирование контекста.

С привлечением экспертной группы для выполнения анализа, можно определить границы рисков для наиболее весомых факторов, оказывающих влияние на деятельность организации в целом или на ее отдельные подразделения, например используя статические или экспертные балльные оценки. Информация, собранная в результате SWOT-анализа, позволяет реализовывать принцип постоянного улучшения для поиска потенциала в существующих возможностях и угрозах.

Литература

1. ГОСТ ISO 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
2. Методика анализа контекста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pqm-online.com/assets/files/pubs/method/context-analisis-methodology.pdf>. – Дата доступа: 21.04.2019.

УДК 658.5.011

ПРИМЕНЕНИЕ SWOT-АНАЛИЗА В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ

Студент гр. 11305120 Отчик Ю. Ю.

Ст. преподаватель Ленкевич О. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для установления контекста организации можно использовать методику SWOT-анализа.

SWOT-анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны организации, а также возможности и угрозы, с которыми она сталкивается. Это позволит оценить текущее положение предприятия и определить факторы, которые способствуют или мешают его устойчивому развитию.

Первым этапом проведения анализа является определение основных факторов, влияющих на устойчивое развитие организации. К сильным и слабым сторонам относятся только внутренние факторы предприятия, а к возможностям и угрозам – внешние условия.

Для определения факторов можно использовать причинно-следственную диаграмму Исикавы, которая представляет собой графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей. В управлении качеством причинно-следственная диаграмма тесно связана с техникой «4М» («Материал»–«Машины»–«Методы»–«Человек»). Каждая из основных причин может быть разделена на причины второго уровня иерархии, те, в свою очередь могут разбиваться на еще более мелкие [1].

После определения влияющих факторов составляем SWOT матрицу, включающую четыре квадранта: перечень сильных и слабых сторон организации, возможности и угрозы внешней среды. Далее поочередно соотносятся возможности организации и ее сильные стороны, угрозы и ее сильные стороны, возможности и ее слабые стороны, угрозы и ее слабые стороны. В результате анализа формируется понимание текущего состояния объекта.

Следующий этап предполагает анализ выявленных возможностей и установления вероятности их использования для развития бизнес-процессов, а также вероятность реализации угроз и их последствий для организации. Все возможности и угрозы можно разбить, например, на три группы по приоритетности.

Далее факторы ранжируются. Ранжирование – это процесс упорядочивания объектов или событий по степени важности или значимости. Для этого может быть использован следующий метод. Рабочей группой, в которую входят представители основных бизнес-процессов организации, выставляются баллы для каждого фактора по шкале от 1 до 3. При этом «1» означает, что влияние фактора на организацию незначительно, т. е. любое изменение фактора слабо влияет на нее; «2» означает умеренное влияние, т. е. только сильное изменение фактора заметно сказывается на деятельности организации; «3» предполагает сильное влияние, т. е. любое изменение фактора критично для деятельности организации. В каждой группе факторов формируются подгруппы: факторы приоритета А, В и С. Далее выбираются факторы приоритета А [2].

Финальный шаг, формулирование основных стратегических направлений развития организации и формирование контекста. С помощью SWOT-анализа можно оценить перспективы развития организации, найти новые возможности для роста и составить стратегию повышения конкурентоспособности, определить политику и цели в области качества.

Литература

1. Как искать причины проблем с помощью «рыбьих костей» Исикавы [Электронный ресурс]. – <https://skillbox.ru/media/management/kak-iskat-prichiny-problem-s-pomoshchyu-rybikh-kostey-isikavy-razbiraema-na-primere/>. – Дата доступа: 16.03.2022.
2. SWOT-анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/swot-analiz-d475c4/>. – Дата доступа: 12.09.2022.

МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

Студент гр. 11305123 Подвойская А. Н.

Кандидат физ.- мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Метод парных сравнений широко применяется в научных исследованиях, изучении предпочтений потребителей, системах голосования, системах искусственного интеллекта. Его суть заключается в следующем: респонденту дается группа объектов, которых тот поочередно сравнивает друг с другом, а результаты вносятся в специальную таблицу, откуда в последствии извлекается конечный вывод. В большинстве случаев, в ходе исследований, учитывается мнение не одного респондента, а мнения сразу нескольких, поэтому, если сравнение объектов подвергается группой лиц, итоговым результатом будут являться обобщенные результаты всех респондентов.

Проводился анонимный опрос среди определенной группы лиц разной возрастной группы и пола, чтобы узнать наиболее предпочитаемый праздник, используя при этом метод парных сравнений табл. 1. Применение метода парных сравнений обеспечило полную структурированность процесса исследования, позволяя получить четкие и сравнительно объективные результаты.

Таблица 1 – Результаты парных сравнений несколькими респондентами

	День женщин	День Победы	Новый год	Пасха	Радуница
День женщин	5	8	0	3,5	10
День Победы	2	5	0	1	10
Новый год	10	10	5	9,5	10
Пасха	6,5	9	0,5	5	10
Радуница	0	0,5	0	0	5

Каждый из 10 участников поочередно сравнивал разные праздники между собой. Респондент ставит единицу тому объекту, которому он отдает предпочтение, и нуль объекту, который проигрывает в сравнении. Если респондент считает объекты равноценными, каждому присваивается 0,5 балла. Результаты сравнения заносятся в таблицу, где на пересечении строк и столбцов указываются результаты. В последствии ответы каждого участника суммировались и заносились в общую таблицу. Также на основе полученной таблицы можно рассчитать коэффициент корреляции. Путем преобразования из табл. 1 была получена вспомогательная таблица для расчета коэффициентов корреляции. Значимость коэффициентов корреляции указывает на значимость связь между ними.

В данном исследовании метод парных сравнений применялся для анализа приоритетов праздников и выявления наиболее и наименее популярных из них. Применение метода парных сравнений позволяет получить объективные результаты, выявить закономерности и установить приоритеты. Важно отметить, что метод парных сравнений обладает определенными ограничениями, включая возможное влияние субъективных предпочтений участников и сложности при обработке больших объемов данных. Дальше исследования можно провести с учетом других аспектов, чтобы получить более глубокое понимание предпочтений.

Литература

1. Светульников, С. Г. Методы маркетинговых исследований: учебное пособие / С. Г. Светульников. – СПб.: Изд-во «ДНК», 2003. – 352 с.
2. Метод «парных сравнений» в ранжировании альтернатив [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2044118/page:44/>. – Дата доступа: 14.01.2024.

УДК 544.77

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ТВЕРДЫХ НАНО- И МИКРОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ

Студент гр. 11305120 Романюк А. М.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Неизбежным результатом хозяйственной деятельности человека является загрязнения окружающей среды. На сегодняшний день более 90 % людей во всем мире дышат воздухом, уровень загрязнения которого превышает допустимые нормы. Проведенные в 2020 году исследования свидетельствуют [1], что ежегодно до 8,8 миллиона человек могут умирать от причин, связанных с загрязнением воздуха твердыми частицами. В Республике Беларусь твердые частицы являются одним из самых распространенных компонентов, способных загрязнять воздух, оказывая негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека.

Загрязняющие твердые частицы входят в состав аэрозолей и жидких капель в воздухе. В зависимости от размера [2] они делятся на 3 категории (рис. 1) – сверхмелкие, мелкие и крупные.

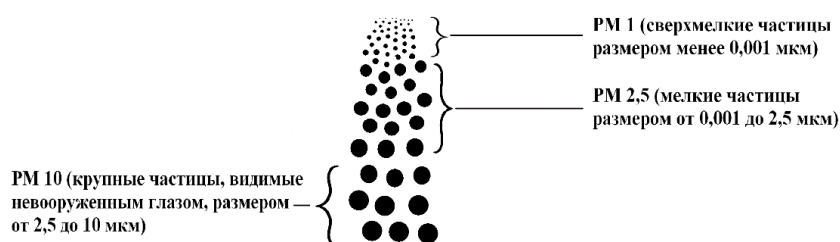


Рис. 1. Размеры твердых частиц

Поскольку влияние твердых частиц на организм человека значителен даже при относительно низких уровнях их концентрации в воздухе, необходима количественная и качественная оценка загрязнений, что представляет собой сложную научно-техническую задачу.

Все методы измерения твердых частиц можно разделить на четыре категории:

- измерение массы частиц;
- измерение концентрации;
- измерение площади поверхности;
- измерение размеров.

Наиболее распространенным методом измерения твердых частиц является измерение массы частиц, оцениваемой отношением массы частиц на единицу объема (обычно измеряется в $\text{мкг}/\text{м}^3$). Достаточно часто для этих целей используется дихотомический анализатор атмосферного аэрозоля (ТЕОМ) – измеритель массовой концентрации аэрозоля, использующий гравиметрический принцип измерения.

В данном средстве измерения окружающий воздух прокачивается с постоянным расходом через пробоотборный конический фильтрующий элемент. Анализатор непрерывно взвешивает фильтр путем микробалансировки колеблющегося конического элемента, получая тем самым сигнал необходимый для измерения массовой концентрации в автоматическом режиме. Применение данного метода измерений позволяет измерять массовую концентрацию пыли от 10 до $10^6 \text{ мкг}/\text{м}^3$. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массовой концентрации пыли составляют $\pm 20\%$; диапазон рабочих температур анализируемого воздуха может варьироваться от -40 до $+60$ °С, относительная влажность от 0 до 80 %, а атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Литература

1. Растет ли число смертей от загрязнения воздуха во всем мире? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iqair.com/ru/newsroom/are-deaths-by-air-pollution-rising-globally>. – Дата доступа: 09.02.2024.
2. Measurement of particulate matter: principles and options of measurement at present [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/376367332_Measurement_of_Particiate_Matter_Principles_and_Options_of_Measurement_at_Present. – Дата доступа: 14.02.2024.

УДК 544.77

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЧЕТНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Студент гр. 11305120 Семак М. Р.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Значительное число современных технологий, применяемых в приборостроении, микроэлектронике, при производстве полупроводников, наночастиц и нановолокон, оптических материалов, фармацевтических материалов, медицинского оборудования предполагают производство в условиях сверхчистой воздушной среды, что необходимо для обеспечения их безопасности и качества.

Одним из наиболее опасных загрязнителей производственной среды являются аэрозольные частицы – мельчайшие твердые или жидкие частицы, находящиеся во взвешанном состоянии в дисперсной среде. Размеры таких частиц, взвешенных в дисперсной среде, могут находиться в широком диапазоне дисперсности от 1 до 10^6 нм. Во всех этих отраслях наличие даже субмикронных частиц может нарушать функционирование изделий или снижать срок их службы, поэтому особое внимание уделяют чистым помещениям.

К чистым помещениям (чистым зонам) [1] относят помещения, либо их части, в которых концентрация частиц определенного размера, взвешенных в воздухе, поддерживается в заданных пределах. Исходя из этого, складываются ключевые требования по поддержанию производственной среды в чистых помещениях, а также требования к средствам измерений, обеспечивающих контроль наличия и определение количества твердых частиц в воздухе. Основными регулирующими документами в данной области являются группы международных стандартов ISO 14644, EU GMP, FS 209E, а также другие национальные и межгосударственные документы по стандартизации.

Существует несколько методов определения счетной концентрации аэрозольных частиц.

1. Счетный метод базируется на применении устройств (счетчиков) способных в автоматическом режиме определять количество и размер аэрозольных частиц в воздухе; счетчики могут быть построены на основе различных физических принципов действия, таких, например, как лазерная дифракция, фотоэлектрическое детектирование и др.

2. Метод фракционного осаждения использует принудительное инерционное разделение частиц различных размеров в газовом потоке, направленном через узкое отверстие или сопло и их осаждение на подложке для последующего анализа; для реализации метода используются специальные технические средства – импакторы.

3. Метод фильтрации реализуется при пропускании потока воздуха через фильтр, на котором оседают аэрозольные частицы; после сбора образца фильтр анализируется для определения концентрации частиц.

4. Оптический метод (микроскопия) основан на использовании микроскопов различной конструкции и принципов действия для подсчета частиц на поверхности или в объеме образца.

5. Метод электрической мобильности базируется на использовании эффекта измерения скорости движения частиц в электрическом поле в зависимости от их геометрических и физико-механических характеристик, что позволяет определить их размер и концентрацию.

Выбор метода для определения счетной концентрации аэрозольных частиц в дисперсных средах зависит от требуемой точности измерений, диапазона размеров частиц, доступных ресурсов и других факторов.

При наличии или разработке необходимого метрологического обеспечения, использование аэрозольных счетчиков позволяет обеспечить необходимую чувствительность и точность измерений, проведение измерений в реальном времени в автоматическом режиме, что упрощает процесс наблюдения, а их портативность и мобильность создает дополнительные удобства при эксплуатации.

Литература

1. Чистые помещения – что это такое [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.lamsystems-lto.ru/informatsiya/chistye_pomescheniya/chto_takoe. – Дата доступа: 23.06.2022.

УДК 62-4

ВЛИЯНИЕ НОРМИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ СТАНДАРТНОГО РАСТВОРА СРАВНЕНИЯ НА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЕЩЕСТВ

Студент гр. 11305121 Сенюта В. В.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Сущность метода определения моющей способности синтетических моющих средств по ГОСТ 22567.15-95 заключается в сравнительной оценке степеней отстирывания (снятия загрязнений) раствором испытуемого средства и стандартным раствором сравнения на одном или нескольких видах специально загрязненных тканей в одних и тех же условиях испытания.

Влияющие на неопределенность определения степени отстирывания факторы, выявлены на основании анализа литературных источников и собственных предварительных исследований и представлены на рис. 1.

Предполагается, что при воспроизведении одинаковых условий испытаний и использовании одного комплекта оборудования, образцов загрязненной ткани из одной партии, степень отстирывания стандартным раствором сравнения будет идентична или иметь относительно малое рассеяние. Однако, на практике, дисперсия полученных значений составляет около 35 %, и, предположительно, значительный вклад в неопределенность вносит варьирование массовых долей веществ, входящих в состав раствора сравнения, вследствие установленных методикой чрезмерно больших допусков на данные параметры (масса навески ТПФ ($2,00 \pm 0,02$) г).

Анализ экспериментальных данных осуществлялся графически и методами регрессионного анализа. В результате, было выявлено увеличение степени отстирывания при увеличении массы навески триполифосфата натрия, однако полученный при линейном регрессионном анализе малый коэффициент детерминации не позволяет говорить о наличии выраженной линейной зависимости.

Предварительный анализ статистических данных, полученных в ходе проведения испытаний, свидетельствует, что при корректировании нормирования массы веществ, входящих в раствор сравнения, существует возможность уменьшения неопределенности степени отстирывания и повышения точности реализации метода в лабораторных условиях.

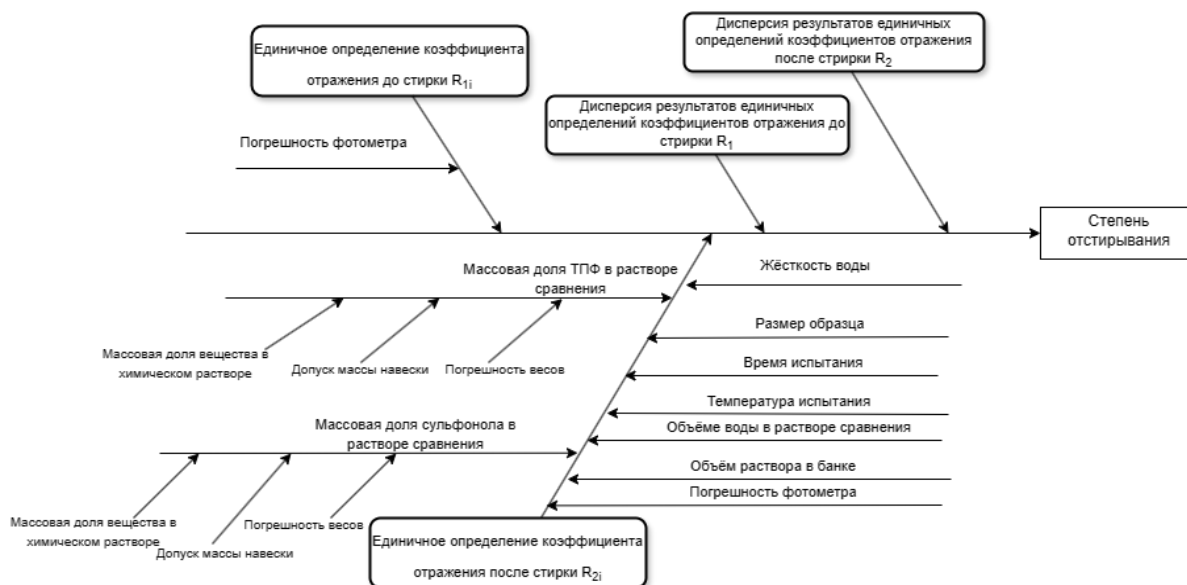


Рис. 1. Факторы, влияющие на неопределенность степени отстирывания

Литература

1. Синтетические моющие средства определение моющей способности: ГОСТ 22567.15-95. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 11 с.

УДК 62-529

ИНТЕГРАЦИЯ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ В ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

Студент гр. 11305121 Сенюта В. В., аспирант Гомма М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В контексте Индустрии 4.0 требуется переосмысление принципов организации производства и интеграции в производство цифровых систем, способствующих автоматизации процесса и улучшению экономических показателей. И в этом контексте цифровизация производства становится задачей.

Цифровизация промышленности – переход производства на полную автоматизацию, с помощью управления интеллектуальными системами.

Промышленность стремится к созданию многоуровневой интегрированной программной инфраструктуры, которая позволит оптимизировать операционную деятельность, изменить методы и подходы к организации и управлению процессом.

Сущность цифрового преобразования предприятий промышленности состоит в автоматизации процессов и перемещении информации в цифровую среду, где эту информацию проще и быстрее анализировать, что ускоряет процесс принятия решений.

Основные направления цифровизации производства:

– создание комплексов компьютерных сетей, связанного с ними производственного оборудования, а также датчиками, позволяющими собирать информацию и обмениваться ей;

– цифровые двойники – цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность производственного процесса;

– обработка больших данных, подразумевающая структурирование больших объемов разрозненных данных, их интерпретацию и визуализацию;

– внедрение искусственного интеллекта для анализа информации, возможности прогнозирования, оптимизации принимаемых решений без участия оператора [1].

Координатно-измерительные машины (КИМ) – это приборы для точных контактных измерений объектов. Приборы работают с помощью специальных датчиков (щупов), которые определяют положение точек на поверхности объектов. С помощью координатно измерительной техники можно создать 3D-модель измерения соответствующего объекта, что поддерживает направление создания цифровых моделей в производстве (создание цифровых двойников).

Системы КИМ не только обеспечивают наиболее точные измерения деталей, но и могут способствовать улучшению общих производственных операций, и вместе с тем могут быть запрограммированы на выполнение автоматизированных проверок без постоянного вмешательства оператора. Также могут быть оснащены специализированным программным обеспечением для управления оборудованием. Программное обеспечение способно постоянно обновляться для достижения максимальной эффективности. Датчики КИМ и другое оборудование также могут быть модифицированы и модернизированы для адаптации к производственным потребностям.

Таким образом, интегрирование измерений с помощью координатно измерительной техники в производство является перспективным решением в условиях автоматизации и цифровизации производственных процессов в рамках четвертой промышленной революции. [2]

Литература

1. Бабенко, А. Г. Научные, технологические и иные аспекты цифровизации производственных процессов / А. Г. Бабенко // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2022. – № 4. – С. 90–100.

2. Коровин, Г. Б. Возможности применения цифровых двойников в промышленности / Г. Б. Коровин // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2021. – № 8. – С. 124–133

МЕТОДЫ АУДИТА В СИСТЕМАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Студент гр. 11305121 Трощая А. Э.

Кандидат техн. наук, доцент Давыдова Е. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Аудит – это систематический, независимый и документированный процесс получения объективных свидетельств и объективного их оценивания для определения степени выполнения критериев аудита [1].

В данном тезисе будет рассматриваться внутренний аудит, который осуществляется самой организацией или от ее имени (рис. 1). Периодичность проведения внутреннего аудита определяет сама организация.



Рис. 1. Типы аудитов

Для проведения аудита применяются различные методы, представленные на рис. 2. Они различаются как по степени вовлеченности аудитора и аудируемого, так и по местонахождению аудитора.

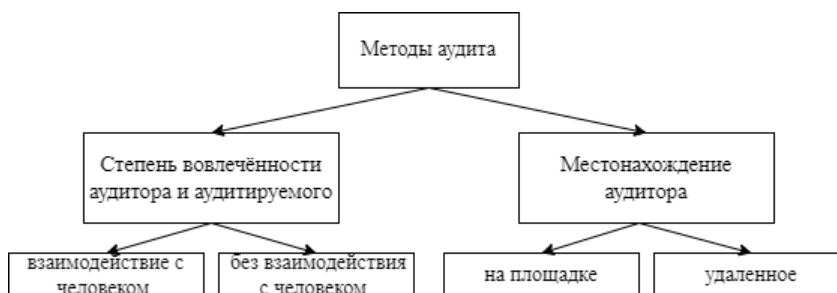


Рис. 2. Методы аудита

Выбор метода осуществляется исходя из целей, области применения и критериев аудита. Методы могут применяться как в «чистом» виде, так и в комбинированном, но при этом следует понимать, что каждый метод вносит свою неопределенность. Также, если работает команда аудиторов, то возможно проводить одновременно метод аудита на площадке и удаленно. Главный результат, к которому должен привести аудит – это выявление возможностей для улучшения работы организации. Объективные доказательства, которые аудиторы обнаруживают в ходе проверки, важны для любого аудита. Такие доказательства могут быть получены только в том случае, если критерии аудита и правила оценки несоответствий ясны и не допускают различных толкований [2].

Литература

1. СТБ ISO 19011-2021. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента.
2. Аудит качества: учеб. пособие / Ю. А. Вашуков, И. В. Безбородова. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2008. – 92 с.

УДК 621.7

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D СКАНИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Студент гр. 11305121 Троцкая А. Э., аспирант Гомма М. А.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Привычные средства измерения, такие как линейки, штангенциркули и микрометры, играют важную роль в достижении точности компонентов, конструкций и систем. Однако по мере развития инженерных запросов необходимость в повышении точности становится все более очевидной.

Общий процесс жизненного цикла производства для промышленных товаров – от проектирования до производства с последующим контролем. Каждый этап является ключевым для производства высококачественных деталей. В зависимости от сложности и характера изготавливаемой детали, реальный рабочий процесс может иметь множество настройки.

Процесс получения трехмерных данных на основе реальных объектов может быть сложной задачей, особенно когда геометрическая сложность объекта высока, например, механического компонента автомобиля. Отображение геометрии сложного объекта на компьютере ранее занимало много времени. Однако развитие мощных вычислительных систем позволило отображать не только геометрическую форму объекта, но и его цветовую информацию с большой экономией времени.

Лазерное 3D-сканирование является прогрессивным методом обратного инжиниринга. Оно позволяет зафиксировать форму любого объекта. Оцифровка 3D-формы с помощью лазерной сканирующей головки – это новый метод, который применяется, в частности, в метрологии, различных имитационных расчетах, обратном инжиниринге и не в последнюю очередь в дизайне и искусстве.

Существует много различных типов устройств, которые используются для 3D-оцифровки. Устройства могут быть основаны на тактильном принципе, на оптическом принципе, а некоторые из них даже используют компьютерную томографию, но наиболее распространенными для оцифровки являются устройства, основанные на лазерных технологиях. В отличие от других методов 3D-оцифровки, лазерные сканирующие устройства быстры, имеют неограниченный рабочий объем и достаточно точны для большинства непромышленных применений

К недостаткам 3D-сканирования относится то, что качество отсканированных данных зависит от плотности облака точек. На качество в первую очередь влияет интенсивность лазерной линии, которая проецируется на сканируемую поверхность. Кроме того, конечная интенсивность лазерной линии, получаемой камерой, зависит от характера сканируемой поверхности, такого как отражательная способность, прозрачность, шероховатость, материал и цвет.

Метод лазерного сканирования находит широкое применение в современном производстве и контроле качества. В метрологии он используется в основном для контроля или сравнения существующей детали с компьютерной моделью. Кроме контроля качества, лазерный сканер может использоваться для обратного проектирования, где особое внимание уделяется целостности поверхности треугольной сетки и непрерывности NURBS-пластин. Эти два фактора очень важны при дальнейшей обработке данных, как и при обработке на станках с ЧПУ. Применение лазерного сканирования вместе с последующей обработкой отсканированных данных может обеспечить более высокую точность, большую скорость и плавность обработки, в результате чего получаются более качественные детали.

Литература

1. Владимиров, Д. А. Обратный инжиниринг как основной инструмент в повышении эффективности проведения НИОКР / Д. А. Владимиров // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 9 (111). – С. 28–30.
2. Чернов, Р. С. Применение методов реверс-инжиниринга для решения производственных задач в современных реалиях / Р. С. Чернов, К. А. Мишкина, Ю. О. Стреляная // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2022. – № 10. – С. 48–51.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Студент гр. 11305220 Турсунхожаев А.², Сидоренко В. В.¹,

Кандидат техн. наук, доцент Токарь О. В.²

¹ОАО «Пеленг», Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Непрерывное усовершенствование и стремительное развитие науки и техники сопровождается резким увеличением числа измерений и значительным ужесточением требований к точности. Основным видом измерений на предприятиях машиностроения и смежных отраслей являются координатные измерения, которые составляют более 75 % от общего числа измерений. Таким образом, решения таких задач, как оптимизация процесса координатных измерений, разработка новых методик выполнения координатных измерений, становятся все более актуальными.

Для разработанной методики измерения объекта контроля (одной из деталей) на ОАО «Пеленг» была поставлена задача провести метрологическое подтверждение соответствия через апробацию.

Последовательность действий для составления плана контроля:

1. Определить действительные условия проведения измерений: температура согласно показаниям прибора 22 °С, относительная влажность воздуха 47,6 %, атмосферное давление 102,7 кПа.

2. Провести осмотр детали на предмет загрязнения.

3. Подготовить КИМ к работе (включить КИМ и ЭВМ, программу Calypso).

4. Создать щуповую систему согласно МВИ (длина удлинителя 100 мм, диаметр шара 1,5 мм).

Для калибровки щуповой системы необходимо, чтобы был открыт план контроля и был определен сферический эталон. Мастер щупом определяет положение сферического эталона, устанавливает созданную щуповую систему и касается щупом сферы, далее КИМ калибрует автоматически.

В программе выбирается режим «Тензор» так как измерение производится методом сканирования. Поле «Референтная сфера» содержит координаты положения сферы. В поле «Щуп» – координаты щупа. Стандартное отклонение (S) используется в качестве основы для принятия решения (S должно быть не более 0,005 мм), в данном случае $S = 0,0006$ мм.

5. Собрать и установить систему крепежа детали на плиту. Для создания крепежа используются универсальные модули фирмы ALUFIX. Деталь зажимается в тиски, установленные на крепеж.

6. Создание базовой системы координат. Для этого необходимо набрать комплект элементов. В окне «Элементы» программы Calypso ощупываются плоскость 3-х площадок, плоскость 56 площадок и окружность $\varnothing 10f9$ в двух сечениях. Создается элемент пересечение плоскостей, элемент пересечение цилиндра и плоскости 3-х площадок. Открывается окно «Базовая система» и заполняется элементами.

7. Создается параллелепипед безопасности (с учетом габаритов тисков для предотвращения столкновения).

Согласно методике КИМ, перемещается к позиции, которая находится примерно в 10 мм вне правого заднего верхнего угла детали, нажатием клавиши приема положения на рукоятке управления сохраняется текущее положение. Перемещают КИМ к позиции, которая находится примерно в 10 мм вне левого переднего нижнего угла детали, нажатием клавиши текущее положение сохраняется.

8. Определение геометрических параметров измеряемых элементов. По разработанной методике определяют необходимые параметры. В данном случае это плоскостность (0,005 мм) и размер ($16,5 \pm 0,035$ мм). Все элементы были определены ранее для создания базовой системы координат.

Параметр плоскостности указывается в окне «Форма и положение» (56 площадок для определения плоскостности 0,005 мм). В поле «Элементы» отмечается значение координаты $Z - 16,5$.

9. Измерение в автоматическом режиме.

Для подтверждения правильности проведения измерений отправляется план контроля в автоматический прогон через «Запуск плана контроля». После окончательного прогона предъявляется протокол измерений.

УДК 681

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОБИЛЬНОГО БАНКОВСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Магистранты гр. ИУ8-21М Удалов А. А., гр. ИУ8-21 Богословский Ф. А.

Кандидат техн. наук, доцент Цирлов В. Л.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

На основании списка рекомендаций было предложено внедрить анализатор кода для закрытия уязвимостей на этапе разработки; для выбора оптимального решения был использован метод анализа иерархий (МАИ). Рассмотрены были следующие, сертифицированные ФСТЭК решения: ПО Infowatch Appercut, ПО РТ (ПТ) Application Inspector и ПО AppChecker Cloud. Получившаяся иерархическая структура представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Иерархическая структура

Цель	Выбор наилучшего межсетевое экрана
Критерии	К1 – Представленный функционал статического анализатора К2 – Представленный функционал динамического анализатора К3 – Поддерживаемые языки программирования К4 – Качество администрирования К5 – Приемлемость цены

Результат сравнения критериев приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Сравнение критериев

Критерий	К1	К2	К3	К4	К5	A	W		
К1	1	1/3	5	7	5	2,2552	0,3209	ИС	ОС
К2	3	1	4	5	4	2,9926	0,4258	0,1674	0,1495
К3	1/5	1/4	1	5	1/3	0,6084	0,0866		
К4	1/7	1/5	1/5	1	1/4	0,2698	0,0384		
К5	1/5	1/4	3	4	1	0,9029	0,1285		
Сумма	4,5429	2,0333	13,2000	22,000	10,5833	7,0288	1,0000		
λ_{max}	1,4576	0,8657	1,1425	0,8444	1,3595			5,6696	

Наибольший приоритет имеет представленный функционал статического и динамического анализатора, т. к. он необходим для анализа поступающих обновлений.

Произведено сравнение альтернативных межсетевых экранов по 5 вышеуказанным критериям. Наибольший приоритет имеет ПО AppCheckerCloud. Графическое представление результатов представлено на рис. 1.

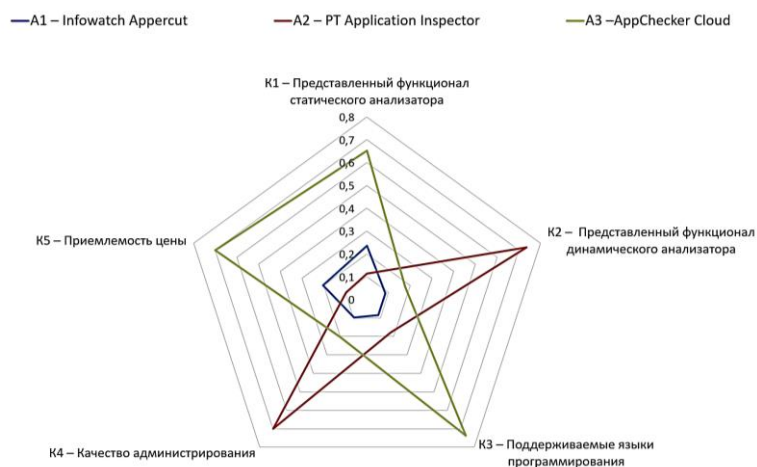


Рис. 1. Графическое представление результатов

В итоге было выбрано решение ПО AppChecker Cloud.

УДК 543.92

СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Студентка гр. 11305120 Филипович Е. Р.

Кандидат техн. наук Давыдова Е. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Во второй половине XX в. сформировалась наука, изучающая с помощью сенсорных анализаторов человека потребительские свойства продовольственных товаров, а также пищевых ингредиентов и промежуточных форм продуктов. В типовой системе показателей качества место сенсорной характеристики определено в группе эргономических показателей, которые характеризуют систему продукт-потребитель – окружающая среда и включают гигиенические, антропометрические, физиологические, психофизиологические и психологические показатели. Сенсорные показатели вместе с психологическими показателями составляют эмоциональную ценность продукта.

Органолептическая оценка – наиболее древний способ определения качества пищевых продуктов. Существующие методы лабораторного анализа более сложные по сравнению с приемами органолептической оценки, они трудоемки и позволяют характеризовать в основном частные признаки качества продуктов. Органолептический метод быстро и при правильной постановке анализа объективно и надежно дает общее впечатление о качестве продукта. Научно организованный органолептический анализ по чувствительности превосходит многие приемы лабораторного исследования, особенно в отношении таких показателей, как вкус, запах, текстура продуктов. Ошибки в сенсорном анализе чаще всего возникают при непрофессиональном подходе к этому методу оценки качества пищевых продуктов.

Существующее мнение о субъективности и невоспроизводимости органолептических оценок вызвано главным образом тем, что не учитываются индивидуальные особенности людей, не ведется их специальная подготовка и обучение приемам сенсорного анализа, не выполняются основные правила и условия научно обоснованного органолептического метода оценки качества пищевых продуктов, в частности, не проводится испытание дегустаторов на сенсорную чувствительность, не соблюдаются требования к помещению, в котором проводится дегустационная оценка, не уделяется должного внимания выбору метода оценки [1].

В последнее время проведены фундаментальные научные исследования в области сенсорного анализа, направленные на стандартизацию факторов, оказывающих влияние на объективность проводимых испытаний: методов отбора и подготовки испытателей и экспертов, условий проведения органолептического анализа, методологии сенсорной оценки [2].

Основные принципы отбора, обучения и тестирования отобранных испытателей и экспертов-испытателей отражены в ГОСТ ISO 8586-2015, в соответствии с которым в настоящее время проводится подготовка отобранных испытателей в Республике Беларусь.

Однако при этом отсутствуют четко регламентированные требования к отобранным испытателям и экспертам-испытателям сенсорного анализа, не определены процедуры подтверждения компетентности в аккредитованных органах по сертификации компетентности персонала. Таким образом, дальнейшее развитие методического обеспечения и повышения достоверности экспертных оценок пищевой продукции является актуальной задачей.

Литература

1. Родина, Т. Г. Сенсорный анализ как составляющая товарной экспертизы пищевых продуктов // Международная торговля и торговая политика. – 2015. – № 1. – С.83–95.
2. Органолептический анализ качества пищевых продуктов. Требования к испытателям / З. В. Ловкис [и др.] // Пищевая промышленность: наук и технологии. – 2018. – № 1 (39). – С.13–19.

УДК 658.6

АНАЛИЗ РАБОТЫ НАДЗОРНЫХ ОРГАНОВ В ОБЛАСТИ ИНТЕРНЕТ-ТОРГОВЛИ

Магистрант гр. 11312114 Фильченко Н. Т.

Кандидат техн. наук Давыдова Е. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

По данным Министерства антимонопольного регулирования и торговли Беларуси, по состоянию на 1 января 2023 года было зарегистрировано более 30 тысяч интернет-магазинов, из них 49 % принадлежит юридическим лицам, а остальные 50,7 % -индивидуальным предпринимателям [1]. Заметный рост интернет-магазинов, маркетплейсов в большинстве случаев связан с цифровыми изменениями бизнеса, развитию современных технологий, что в свою очередь позволяет делать покупки удобнее и снижать затраты на логистику.

Тем не менее такое развитие торговли сопровождается рядом определенных рисков для покупателя. Например, невозможно проверить, осмотреть товар до совершения покупки, в следствии чего возникают ограничения в получении информации о предупреждении и безопасном использовании продукта; отсутствие маркировки или не соответствующая информация на сайте вводит потребителя в заблуждение относительно качества и безопасности продукции. Кроме того, продукция может размещаться на разных порталах (онлайн-платформы, сайты продавцов, через социальные сети), что приводит к непониманию, кто на самом деле является продавцом, импортером продукции, что в свою очередь затрудняет работу надзорных органов. В список рисков онлайн-торговли входит продажа запрещенной, отозванной или небезопасной продукции. За 2023 год надзорными органами выявлено более 11 тыс. единиц продукции, предлагаемой к реализации через Интернет, ранее запрещенной к ввозу и обращению на территории страны.

Для защиты потребителя и гарантии того, что онлайн-торговля предлагает безопасную и соответствующую требованиям технических регламентов ЕАЭС продукцию, Госстандартом создан информационный ресурс «Опасная продукция», где можно ознакомиться с продукцией, которая включена в перечень запрещенной к реализации, а инспекциями Госстандарта принимаются меры по информированию покупателей, продавцов о соблюдении законодательства в части выполнения процессов реализации продукции.

Основные требования к интернет-торговле установлены Правилами продажи товаров при осуществлении розничной торговли по образцам, утвержденными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 января 2009 года № 31. Согласно данного постановления информация о товарах в обязательном порядке должна содержать: наименование товара, указание на нормативные документы, устанавливающие требования к качеству товара, сведения об основных потребительских свойствах товара, а в отношении пищевых продуктов – о составе, пищевой ценности, указание на то, что пищевой продукт является генетически модифицированным, если в нем содержатся генетически модифицированные составляющие, а также сведения о наличии вредных для жизни и здоровья покупателя веществ, сравнение этой информации с нормативными документами, устанавливающими требования к качеству товара [2].

Однако законодательство не дает четкого определения, чем является маркетплейс по отношению к потребителю, так как агрегатор (веб-сервис) не согласен работать с обращениями граждан о не соответствующей продукции, ссылаясь на то, что не является продавцом, а лишь предоставляет площадку для предложения к реализации (реализации) продукции. Крупнейшими маркетплейсами на территории ЕАЭС на сегодняшний день являются Wildberries и Ozon. Но несмотря на то, что на территории Союза действуют одни законы технического регулирования, именно здесь выявлено значительное число нарушений в части предложения к реализации опасной продукции.

Возможность унификации перечня продукции, запрещенной к обороту на территории Республики Беларусь, взаимного признания правил продажи товаров через интернет, упрощение возврата продукции, куда поставляется товар через интернет площадку, позволит снизить и защитить внутренний рынок от небезопасной продукции.

Литература

1. В Беларуси зарегистрировано почти 30 тыс. интернет-магазинов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aif.by/social/v_bielarusi_zaregistrirovano_pochti_30_tys_internet-magazinov.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 5 января 2009 года № 31 «Об утверждении Правил продажи товаров при осуществлении дистанционной торговли».

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО – ПАНАЦЕЯ ВО ВРЕМЯ КРИЗИСА ИЛИ ИСТОЧНИК ПРОБЛЕМ

Студент гр. 61331023 Фурс М. С.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В начале 2020 года в мире началась пандемия коронавируса, которая не только повлияла на здоровье и жизнь миллионов людей, но и серьезно пошатнула экономическое развитие всех стран. В такой ситуации производственным компаниям пришлось быстро адаптироваться и находить новые пути для повышения эффективности и конкурентоспособности, чтобы обеспечить свое выживание.

Мировой опыт, особенно практика ведущих компаний в различных отраслях, подчеркивает важность и эффективность концепции бережливого производства (далее – БП) как универсального средства повышения конкурентоспособности в условиях дефицита ресурсов [1].

В мировой экономике концепция БП является отлично зарекомендовавшей себя стратегией развития бизнеса и завоевывает лидерские позиции на рынке. В последние 3–5 лет и отечественные предприятия стали активно внедрять систему бережливого производства.

Несмотря на удачные примеры внедрения концепции «БП» на многих предприятиях (ОАО «Белкоммунмаш», ОАО «МТЗ», ПАО «КамАЗ» и др.) единой адаптированной методологической базы внедрения концепции «БП» нет. С 2014 по 2019 г. в РФ разработаны и введены в действие 14 государственных стандартов по бережливому производству. Но многие специалисты в данной области, отмечают, что для успешного внедрения концепции «БП» на отечественных предприятиях методологии нуждаются в адаптации для предприятий [2]. Важно отметить, что на данный момент в Республике Беларусь не было разработано аналогичных национальных стандартов, что также негативно влияет на внедрение концепции «БП». Внедрение концепции «БП» на белорусских предприятиях часто осуществляется несистематично, хаотично и с финансовыми затратами. Вместо создания четких и стабильных систем, основанных на принципах уменьшения потерь и оптимизации рабочих процессов, многие предприятия проводят отдельные шаги, запускают отдельные проекты или изменяют отдельные элементы производственной линии. Это приводит к неэффективному использованию ресурсов, отсутствию значительного влияния на производственные показатели.

В докладе представлена стратегия интеграции концепции БП в СМК основанная на действующих международных и российских стандартов в области СМК и бережливого производства с учетом лучшей мировой практики, их применения для реализации концепции локальной производственной системы управления эффективностью предприятия, проработанной на базе ОАО «ОЗАА». Стратегия представляет собой разработанную методологическую базу по внедрению инструментов БП необходимую для реализации стратегической задач по росту экономической эффективности предприятия. Разработка универсальных программ обучения и мотивации работников всех уровней, разработку методологии по оптимизации действующих технологий производства.

Особенностью данной стратегии интеграции БП в СМК является разработанная методика комплексного подхода к внедрению инструментов БП и интеграции концепции «БП» с уже действующей на производстве СМК на основе СТБ ISO с 9001, разработанная на базе ОАО «ОЗАА». Данная методика адаптирована под реализацию на промышленных предприятиях с аналогичной и схожей сферой деятельности позволит сформировать систему постоянно растущей экономической эффективности, основанной на стандартизированных принципах СМК и концепции «БП».

Положения, разработанные на основе данной методики, обеспечивают: вложенную структуру горизонтальных процессов в функциональной иерархии; строгое соблюдение норм управляемости по всему «дереву целей» в соответствии со сбалансированной системой показателей; минимальную базу принципов, рекомендаций и требований к проектированию и внедрению систем менеджмента мотивацию и участие руководителей всех уровней и отдельных сотрудников в разработке, представлении и реализации планов улучшений производства, управления и производственных процессов; развитие системы непрерывного роста экономической эффективности.

Литература

1. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний / Масааки Имаи; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 274 с.

2. Бакшеев, С. Л. Теоретические аспекты бережливого производства / С. Л. Бакшеев // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2019. – С. 227–230.

УДК 681

ИНТЕГРАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» В СИСТЕМУ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

Студент гр. 61331023 Фурс М. С.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последние годы интерес белорусских предприятий сосредоточился на разработке и внедрении методов и инструментов бережливого производства (БП). Все его элементы так или иначе связаны с вопросом повышения качества продукции и производственных процессов. Поэтому внедрение БП в уже сертифицированную систему менеджмента качества (СМК) следует рассматривать как современную и эффективную методологию реализации принципа менеджмента качества «постоянное улучшение», одного из основных принципов международного стандарта ISO 9001 [1]. Процессы организации производства в рамках отдельных видов деятельности СМК являются оптимальной основой для внедрения инструментов БП.

Поскольку иметь две разные системы менеджмента, стремящиеся к одной цели, предприятию нерационально, возникла необходимость в следующем этапе: интеграции менеджмента БП с СМК.

Однако, существует ряд проблем, возникающих при разработке СМК. Организации, внедряющие СМК, соответствующую требованиям ISO 9001, стремятся сделать систему эффективным и действенным инструментом бизнеса. Чтобы достичь этого, должен сойтись ряд условий: высшее руководство и сотрудники предприятия должны понимать и знать, как работает СМК; руководство должно быть ориентировано на ценности, такие как приверженность качеству.

Если эти условия не соблюдаются, то вместо СМК получается объемный документооборот, оторванный от деятельности организации. В действительности СМК – это очень сложный инструмент. Те, кому предстоит добиться ощутимых результатов от внедрения СМК, уже столкнулись с тем, что самые «простые» и знакомые концепции, лежащие в основе СМК (такие как «ориентация на потребителя» и «процессный подход»), на самом деле являются самыми сложными и трудными для понимания. Руководители предприятий давно знают об этой проблеме, и многие из них относятся к СМК с пренебрежением. Поэтому внедрение СМК часто остается формальностью и внедрение концепции «БП» на ее основе становится проблематичным.

В докладе представлена опробованная на базе ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов» методика, которая поможет специалистам по качеству продвинуться в понимании базовых понятий, связанных с СМК, а затем рассмотреть пошаговую интеграцию концепции БП и СМК.

Суть методики заключается в том, чтобы использовать подходы концепции «БП» на этапе выделения процессов, ориентирования компании на потребителя и закладывания основ для будущей СМК. Методика состоит из семи шагов, а именно:

- 1 шаг. Разработка и внедрение функциональной модели сети процессов СМК.
- 2 шаг. Выделение критериев результативности СМК, характеризующихся различными ценностями потребителя (разработка системы сбалансированных показателей).
- 3 шаг. Разработка концептуальной модели СМК, составленной по организационным и функциональным признакам в три подсистемы: управление, производство и поддержка.
- 4 шаг. Разработка методологии решения конкретных задач подсистем, которые позволяют снизить или полностью устранить потери (методика поиска источников потерь).
- 5 шаг. Подбор инструментов БП и их экономическое обоснование.
- 6 шаг. Разработка адаптированных под каждый бизнес-процесс методик внедрения выбранных инструментов БП.
- 7 шаг. Разработка методики мониторинга эффективности бизнес-процессов, основанной на интеграции двух систем.

Литература

1. Бережливое производство: учебное пособие. – СПб: Питер, 2023.
2. Окулесский, В. А. Функциональное моделирование – методологическая основа реализации процессного подхода / В. А. Окулесский. – Москва: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001.

УДК 006.91.004

**ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РОБАСТНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРИМЕНЯЮЩИХ ЦИФРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ**Аспирант Чжан Ю.¹Канд. техн. наук, доцент Савкова Е. Н.²¹ НИИ технологий применения природного графита «Жуйшэн», Уланкаб, Китай²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Внедрение методов исследований объектов, основанных на обработке цифровых изображений в каждодневную практику лабораторий требует оценки их рабочих характеристик в процессе валидации. Согласно ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 одной из техник, применяемых для валидации метода, является «метод испытания устойчивости путем изменения контролируемых параметров, таких как температура инкубатора, выдаваемого объема и т. д.». Обзор подходов к организации внутрилабораторных экспериментов по оценке робастности позволил сделать следующие выводы. Применительно к лабораторной практике стандарт СТБ ISO 5725-3-2002 рекомендует использовать многоуровневые планы с полной или ступенчатой группировкой факторов изменчивости «оператор», «оборудование», «калибровка оборудования», «время» и «условия» с расчетом математических ожиданий, стандартных отклонений, лабораторного смещения, размахов, критическая разностей и др. показателей в условиях повторяемости, промежуточной прецизионности и внутрилабораторной воспроизводимости. В то же время ГОСТ Р ИСО 16336-2020 рекомендует оценивать робастность с использованием ортогональных планов «робастность – чувствительность – отношение сигнал/шум», представляющих собой комбинации внешних и внутренних факторов. В документе [1] описаны планы «простая реплика» – серия измерений на одном материале (прецизионность, правильность), «линейная калибровка» – наблюдения на разных уровнях (обычно при разных концентрациях аналита), калибровка прибора, исследование линейности и рабочего диапазона, «иерархический (гнездовой)» – группы представляют различные аналитические серии (по возможности выполненные в разные дни), и «дробный факторный эксперимент» – (удалены некоторые тщательно выбранные комбинации уровней), например, план Плакетта-Бермана [2], используемый, когда полные знания о системе обычно недоступны, для выявления активных факторов как можно меньшим числе экспериментальных прогонов.

ГОСТ 70462.1-2022 предлагает алгоритм оценки робастности нейронных сетей, включающий операции формулирования целей, планирования, тестирования, анализа и интерпретации результатов и проверки достижения цели. При этом применяются статистические, эмпирические и формальные методы. Наиболее часто применяемые статистические методы оперируют метриками эффективности для интерполяции – среднеквадратической ошибкой RMSE (стандартным отклонением остатков – ошибок прогнозирования), максимальной ошибкой *max error*, вычисляющей значение в исходных данных и соответствующее значение в прогнозе системы; фактической и прогнозируемой корреляциями *actual/predicted correlation* – линейной зависимостью между фактическими и прогнозируемыми значениями в наборе. В качестве показателей эффективности для классификации используются базовые метрики: истинно положительный TP, истинно отрицательный TN, ложно положительный FP, ложно отрицательный FN экземпляры, а также их доли и прогностические ценности и диагностическая вероятность. Расширенные метрики представлены кривой точности–полноты (вычисляют при разных пороговых значениях вывода, отражают компромиссы между точностью и полнотой), рабочей характеристикой приемника (график зависимости TP(FP) и др.

Литература

1. Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics: B. Magnusson and U. Örnemark (eds.): translation of the second edition, 2014 – Kyiv: LLC «Yurka Liubchenka», 2016. – 96 p.
2. Steiner, E. H. Statistical Manual of the AOAC, AOAC International / W. J. Youden, E. H. Steiner. – 1975.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Amit Kumar Mishra, Dipak P. Patil, Yogesh R. Risodkar, Pallavi Baviskar</i> DESIGN AND ANALYSIS OF LONG RANGE TECHNOLOGY SYSTEM.....	3
<i>Amit Kumar Mishra, Dipak P. Patil</i> HF BAND VEHICULAR ANTENNA WITH NVIS COMMUNICATION.....	4
<i>Atul Chaudhari, Dipak P. Patil</i> DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEM IN WIRELESS IMAGING AND DIAGNOSTICS	5
<i>Sharopov H. N., Abdukarimov M. M.</i> CORROSION RADAR DEVICE	6
<i>Suhas Kale, Dipak P. Patil</i> SMART SECURITY SYSTEM USING RASPBERRY PI.....	7
<i>Tushar H. Jaware, Dipak P. Patil, Ravindra D. Badgujar, Mahesh B. Dembrani, Jitendra P. Pati</i> IoT-BASED WEARABLE DEVICE FOR CONTINUOUS INFANT HEALTH MONITORING WITH AI INTEGRATION	8
<i>Абгарян Ж. С., Лихошерст В. В.</i> АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА	10
<i>Адамович К. А., Купреенко К. В., Василевский А. Г.</i> АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ, КОНТРОЛЯ, ПЕРЕДАЧИ ИЗВЕЩЕНИЙ ДАТЧИКА ИЗВЕЩАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО ТЕПЛООВОГО МАКСИМАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО	11
<i>Адамович К. А., Купреенко К. В., Любинский К. А., Гулич А. Ю., Голубович А. И., Веселовский В. А., Исаев А. В.</i> АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	12
<i>Адамович К. А., Купреенко К. В., Любинский К. А., Гулич А. Ю., Голубович А. И., Веселовский В. А., Исаев А. В.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ В ОБМОТКАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН.....	13
<i>Адамович К. А., Купреенко К. В., Любинский К. А., Гулич А. Ю., Голубович А. И., Веселовский В. А., Исаев А. В.</i> ОСНОВНЫЕ НЕСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	14
<i>Анцугай И. А., Куклицкая А. Г.</i> РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	15
<i>Афанасьева Е. А., Матвеев В. В.</i> СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ.....	15
<i>Бабинская В. О., Савёлов И. Н.</i> ПОРТАТИВНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР МЕТАНА	16
<i>Балухо И. Н., Дудчик Ю. И., Кольчевский Н. Н.</i> УЛУЧШЕНИЕ КОНТРАСТА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СУБСТРАКЦИОННОЙ МЕТОДИКИ	17
<i>Бельский И. Н., Ломтев А. А.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СПОРТСМЕНА ПРИ ПРЫЖКАХ В ДЛИНУ	18
<i>Бережной Д. К., Ломтев А. А.</i> УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ КАДЕНСА	19
<i>Бехлер И. А., Матвеев В. В.</i> МЕТОД КОРРЕКЦИИ СМАЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ОСНОВАННЫЙ НА ВИНЕРОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ	20
<i>Борбат М. С., Мелюх Н. С., Пантелеев К. В., Жарин А. Л.</i> АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	21
<i>Борбат М. С., Сороко Ю. Д., Тявловский А. К., Гусев О. К.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПОУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕХНИКИ В БНТУ С УЧЕТОМ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ	22

<i>Винник К. В., Козлов А. С., Куклицкая А. Г.</i> МИКРОМЕТРЫ С ЦИФРОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ В ВИЗУАЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ	23
<i>Гарай В. В., Ломтев А. А.</i> ИЗМЕРЕНИЕ УДАРНОГО ИМПУЛЬСА ПРИ НАПАДАЮЩЕМ УДАРЕ ПО МЯЧУ В ВОЛЕЙБОЛЕ.....	24
<i>Глеба Е. М., Баранова В. С., Спиридонов А. А., Ушаков Д. В., Саечников В. А.</i> МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ АКТИВНЫХ СПУТНИКОВ.....	25
<i>Гриц М. А., Савелов И. Н.</i> КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСВЕЩЕНИЯ	26
<i>Гурбан В. В., Савкова Е. Н.</i> ОРТОГОНАЛЬНЫЙ ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РОБАСТНОСТИ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ЦВЕТА В ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДАХ.....	27
<i>Докутович В. А., Куклицкая А. Г.</i> МАГНИТОПОРОШКОВЫЙ КОНТРОЛЬ СОСУДОВ РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ.....	28
<i>Дородных А. А., Лихошерст В. В.</i> СОСТАВ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ НАЗЕМНОГО ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА	28
<i>Дубинина Е. Б.</i> АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	29
<i>Дулуб Я. В., Лихошерст В. В.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ РЕЗОНАТОРОМ.....	30
<i>Жарко А. В., Ломтев А. А.</i> АНАЛИЗАТОР ЖИДКОСТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ pH.....	31
<i>Забогонский К. А., Париза И. А., Шадурская Л. И.</i> ИТТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕРАВНОВЕСНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ.....	32
<i>Казеко Д. Н., Васильцов К. А., Баранова В. С., Спиридонов А. А., Саечников В. А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	33
<i>Каликанов А. В., Бехлер И. А.</i> СИСТЕМА КУРСА И ВЕРТИКАЛИ НА БАЗЕ ДАТЧИКОВ МИКРОСИСТЕМНОГО ИСПОЛНЕНИЯ	34
<i>Коваленко Н. Д., Третьякова Е. С.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ И УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ.....	35
<i>Козлов А. С., Винник К. В., Куклицкая А. Г.</i> ГИБКИЕ МАТРИЧНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ В ЦИФРОВОМ РАДИОГРАФИЧЕСКОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ	36
<i>Колесникова А. Г.</i> АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ	37
<i>Колесникова А. Г., Матвеев В. В.</i> ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ВОЛНОМЕРНОГО БУЯ	38
<i>Колядко Я. А., Рожко Е. С., Шадурская Л. И.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО МЕТОДА	39
<i>Конопляников А. А., Фёдорцев Р. В.</i> ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО ТРЕХАНТЕННОГО УГЛОМЕРНОГО ПРИЕМНИКА ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ.....	40
<i>Корзун А. В., Ломтев А. А.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ПУЛЬСА СПОРТСМЕНА ПРИ ЗАНЯТИИ НА ЭЛЛИПСОИДНОМ ТРЕНАЖЕРЕ	41
<i>Коробко Е. Д., Куклицкая А. Г.</i> ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.....	42

<i>Крюков А. Н., Куклицкая А. Г.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ	42
<i>Куликова А. В., Богословский Ф. И., Левиев Д. О.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ	43
<i>Купреенко К. В., Адамович К. А., Василевский А. Г.</i> УСТРОЙСТВО ПОДКЛЮЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПОСТОЯННОТОКОВЫХ ШЛЕЙФОВ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ПКП.....	46
<i>Медведев С. П., Савёлов И. Н.</i> МОБИЛЬНЫЙ ПЯТИКАНАЛЬНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР	47
<i>Мелюх Н. С., Борбат М. С., Пантелеев К. В., Воробей Р. И.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ.....	48
<i>Мелюх Н. С., Сороко Ю. Д., Тявловский А. К., Жарин А. Л.</i> ВЫБОР РЕЖИМА РАБОТЫ АЦП ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО МОСТА.....	49
<i>Найден В. В., Сороко Ю. Д., Самарина, А. В., Гусев О. К.</i> КАЛИБРОВКА МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ.....	50
<i>Найден В. В., Сороко Ю. Д., Самарина А. В., Воробей Р. И.</i> КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ	51
<i>Парчайкина Ю. А., Матвеев В. В.</i> РАЗРАБОТКА ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ	52
<i>Каликанов А. В., Погорелов М. Г.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПАС ДЛЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА	53
<i>Пронюшкина Ю. В., Матвеев В. В.</i> ОДНООСНЫЙ ГИРОСТАБИЛИЗАТОР.....	54
<i>Пряжко А. В., Василевский А. Г.</i> УЗЕЛ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СИГНАЛОВ ОПОВЕЩЕНИЯ РЕЧЕВОГО ОПОВЕЩАТЕЛЯ С РАДИОКАНАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	55
<i>Родионова В. Ю., Матвеев В. В.</i> МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ГИРОПОЛУКОМПАС.....	56
<i>Салабаев А. И., Ломтев А. А.</i> ДАТЧИК РЕГИСТРАЦИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ СТВОРА ВОРОТ ФУТБОЛЬНЫМ МЯЧОМ.....	57
<i>Соколов М. В., Лихошерст В. В.</i> РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СЪЕМА СИГНАЛА ДЛЯ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ	58
<i>Сороко Ю. Д., Микитевич В. А., Тявловский А. К.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ ИНДЕНТИРОВАНИЯ	59
<i>Сороко Ю. Д., Тявловский А. К., Свистун А. И.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ И УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ	60
<i>Сушкевич С. С., Ломтев А. А.</i> ТЕНЗОДАТЧИК, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В УСТРОЙСТВЕ ВЫБОРА МЯЧЕЙ В БОЛЬШОМ ТЕННИСЕ.....	61
<i>Третьяк И. Б., Антошин А. А.</i> ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ ПРОСТРАНСТВА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ.....	62
<i>Хомячкова А. Н., Матвеев В. В.</i> ОРИЕНТИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	63
<i>Цеханович И. Д., Куклицкая А. Г.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ	64
<i>Шабан Е. И., Мисюкевич Н. С.</i> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДНОЙ ЧАСТИ УСТАНОВОК ВОДЯНОГО И ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....	65

<i>Щербаченко А. В., Куклицкая А. Г.</i> РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ИЗ АЛЮМИНИЯ	66
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ

<i>Андрушкевич И. В., Добровольская Е. Д., Филонова М. И.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИРУРГИЧЕСКОГО СКАЛЬПЕЛЯ.....	67
<i>Балевский И. А., Охремчик В. А., Габец В. Л.</i> КРОВАТЬ-КАНТОВАТЕЛЬ ДЛЯ ОБЕЗДВИЖЕННОГО БОЛЬНОГО.....	68
<i>Бондаренко В. А., Храмкова А. С., Габец В. Л.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРСЕТОВ ТИПА ШЕНО	69
<i>Брезин Д. М., Есьман Г. А.</i> СТЕНД КОНТРОЛЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ТОРЦЕВЫХ КЛАВИШ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА	70
<i>Войтов А. С., Берник Т. С., Хлебникова Е. В.</i> МАЛОГАБАРИТНЫЙ ДАТЧИК ДАКТИЛОСКОПИИ МГНОВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ.....	71
<i>Волкова О. Н., Савченко А. Л.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭНДОПРОТЕЗОВ СОСУДОВ.....	72
<i>Гусенников Е. Н., Юран С. И.</i> СИСТЕМА КОНТРОЛИРУЕМОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БЫТОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ.....	73
<i>Еромин Е. С., Степаненко Д. А.</i> РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КАЧМАЖА.....	74
<i>Закерничный И. В., Семенов С. Г.</i> МИНИАТЮРНЫЙ ЧАСТОТНО-МОДУЛЯЦИОННЫЙ ЗВУКОВОЙ СИНТЕЗАТОР	75
<i>Занько А. И., Борисенко Р. А., Валай М. А., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОНТРОЛЯ ПЕРИОДА ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА ПРИ ВОЗДУШНОЙ И КОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА	76
<i>Зиёмухаммедова М. Х., Махмудов С. Й.</i> УМНЫЕ ВЕСЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ.....	77
<i>Зикеев К. А., Бурак В. А.</i> ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МНОГОПАРАМЕТРОВЫХ МЕТОДОВ СТРУКТУРОСКОПИИ.....	78
<i>Иванова Е. И., Чайкова Л. Д., Зайцева Е. Г., Богдан П. С.</i> СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИСТОЧНИКОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИИ В СООТВЕТСТВИИ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ ЕСТЕСТВЕННОГО СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	79
<i>Киндрок А. Н., Степаненко Д. А.</i> РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ УЛЬТРАЗВУКА С ПОМОЩЬЮ ВАРИАЦИОННЫХ МЕТОДОВ.....	80
<i>Климашевич З. Д., Болбасов Р. А., Линкевич А. О., Есман Д. Ю.</i> РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНЕРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	81
<i>Ковалевич С. В., Каролик М. С., Филонова М. И.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕСЪЕМНЫХ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ.....	82
<i>Ковалёнок В. М., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНДЕКСА ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ БЕЛОГО СВЕТОДИОДА ОТ ТОКА ПИТАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ	83

<i>Ковалёнок И. А., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ОСВЕЩЕННОСТИ И КОРРЕЛИРОВАННОЙ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ.....	84
<i>Линкевич И. С., Габец В. Л.</i> МЕХАНИЗМ УСТАНОВКИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ПЛАСТИНЫ.....	85
<i>Любинский К. А., Мальшева А. А., Адамович К. А., Василевский А. Г.</i> ИЗВЕЩАТЕЛЬ ОХРАННЫЙ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ, УСТРОЙСТВО И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ.....	86
<i>Москаленко Г. Э., Савченко А. Л.</i> СРАВНЕНИЕ КОНТАКТНОГО И БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РОСТА.....	87
<i>Николаева Ю. Г., Филонова М. И.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТЕЗОВ КЛАПАНА СЕРДЦА.....	88
<i>Охремчик В. А., Балеvский И. А., Габец В. Л.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СТОЛИКОВ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ДЦП.....	89
<i>Попкович А. И., Якубович А. Д., Монич С. Г.</i> РЕЦИРКУЛЯТОР БАКТЕРИЦИДНЫЙ ДЛЯ ВОЗДУХА.....	90
<i>Прокопенко Н. А.</i> ТРЕНАЖЕР РЕАБИЛИТАЦИОННЫЙ С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЕЙ.....	91
<i>Сергеев С. А., Есьман Г. А.</i> ХОДУНКИ-РОЛЛАТОР УНИВЕРСАЛЬНЫЕ.....	92
<i>Сергейчик Д. В., Габец В. Л.</i> СТЕНД-СТОЙКА ДЛЯ ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ.....	93
<i>Степаненко А. И., Савченко А. Л.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ИНДУКЦИОННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТОМАТОЛОГИИ.....	94
<i>Тарасенко Т. Д., Чайкова Л. Д., Зайцева Е. Г.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЯ СРАВНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	95
<i>Турочкин К. А., Сатторов С., Савченко А. Л.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗОВ.....	96
<i>Хамраева М. Б., Болтабоев А. С., Бегатов Ж. М.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАКАЛКИ НА СТАЛИ.....	97
<i>Хоменчук В. В., Ковалёнок В. М., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ RGB СВЕТОДИОДАМИ, ОТ ТОКА ПИТАНИЯ.....	98
<i>Чайкова Л. Д., Зайцева Е. Г.</i> ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	99
<i>Чалова А. К., Филонова М. И., Богдан Д. Ю.</i> АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОТЕЗОВ.....	100
<i>Чиликина П. А., Потапенко А. О., Гавриш С. В., Пучнина С. В.</i> СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП С КВАРЦЕВОЙ ОБОЛОЧКОЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	101
<i>Шевель Н. А., Бурак В. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ В ДОПЕЧАТНОМ ОБОРУДОВАНИИ.....	102
<i>Шевель Н. А., Бурак В. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ В ДОПЕЧАТНОМ ОБОРУДОВАНИИ.....	103
<i>Шумская А. П., Савченко А. Л.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКЗОПРОТЕЗОВ СОСУДОВ.....	104

<i>Эркабаева А. Н., Махмудов С. Й.</i> СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКГ С ПОМОЩЬЮ ARDUINO: ДОСТУПНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕРДЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ.....	105
<i>Юшкевич А. Г., Соловьева А. А., Филонова М. И., Богдан Д. Ю.</i> ЗУБНОЕ ПРОТЕЗИРОВАНИЕ И МЕТОДИКА CAD/CAM.....	106

СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА

<i>Абмётко Н. В., Колонтаева Т. В.</i> ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТОВОЙ ФЕРРИТ ШПИНЕЛИ	107
<i>Амельянович К. С., Щербакова Е. Н.</i> ВАКУУМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ SNT SIGMA-400 V.....	108
<i>Антонов М. С., Реутская О. Г.</i> ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА КРЕМНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ	109
<i>Антонов М. С., Таратын И. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДАТЧИКОВ УГЛА НАКЛОНА.....	110
<i>Артемук А. И., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ БАРИЕВЫХ ФЕРРИТОВ	110
<i>Артемук А. И., Насевич А. А., Лапицкая В. А., Люцко К. С., Трухан Р. Э.</i> РАЗНОСТЬ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА	112
<i>Бенищевич А. П., Щербакова Е. Н.</i> ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОНИТЕЙ.....	113
<i>Бенищевич А. П., Сернов С. П.</i> ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ GaN.....	114
<i>Билейчик А. А., Охремчик В. А., Мудинов И., Степаненко Д. А.</i> ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАСТИН ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА	115
<i>Война М. С., Колонтаева Т. В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГЕЛЕЙ.....	116
<i>Войтюк Д. М., Россоловский А. Ю., Щербакова Е. Н.</i> ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ.....	117
<i>Войтюк Д. М., Люцко К. С.</i> МИКРОФОННЫЕ РЕШЕТКИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЭМС	118
<i>Войтюк Д. М., Россоловский А. Ю., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ САПФИРОВЫХ ПЛАСТИН ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	119
<i>Волк Р. С., Люцко К. С.</i> СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ	120
<i>Гапеев Д. О., Колонтаева Т. В.</i> МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ Ni-Fe.....	121
<i>Герман С. А., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ЭКРАНОВ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ W-ГПУ	122
<i>Друк И. В., Колонтаева Т. В.</i> СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ	123

<i>Елин И. В., Колонтаева Т. В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР С ХЕМОСТИМУЛЯТОРОМ.....	124
<i>Командышко Н. А., Колонтаева Т. В.</i> МЕМБРАННАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ.....	125
<i>Чижев И. В., Константинв С. В., Комаров Ф. Ф., Зайков В. А.</i> ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ $TiAlCuN$, $TiAlCuCN$	126
<i>Корнилов П. Д., Соболев М. А., Чаевский В. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НАНОЛЕКТРОНИКЕ.....	127
<i>Красиченко Н. П., Колонтаева Т. В.</i> ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ В ИОННЫХ РАСПЛАВАХ.....	128
<i>Крупенков П. А., Зайков В. А., Комаров Ф. Ф.</i> УГЛЕРОДНЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ МЕМРИСТОРНЫХ ЯЧЕЕК ПАМЯТИ.....	129
<i>Кузнецова Д. И., Колонтаева Т. В.</i> ГИСТЕРЕЗИС СМАЧИВАНИЯ	130
<i>Курило Е. А., Маркевич М. И., Щербакова Е. Н.</i> НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	131
<i>Курныш В. В., Колонтаева Т. В.</i> СИНТЕЗ ПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА.....	132
<i>Лагун Д. В., Насевич А. А., Лапицкая В. А., Люцко К. С., Трухан Р. Э.</i> ЕМКОСТЬ ГИРОСКОПА С ГРЕБЕНЧАТЫМ ПРИВОДОМ	133
<i>Лагун Е. В., Колонтаева Т. В.</i> ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ, ВЗРЫВА И ДЕТОНАЦИИ	134
<i>Лукьянов В. В., Колонтаева Т. В.</i> МАКРОКИНЕТИКА – КИНЕТИКА С УЧЕТОМ МАССО- И ТЕПЛОПЕРЕНОСА.....	134
<i>Мисюк А. Ю., Пашкевич Е. В., Реутская О. Г.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕМЕНТОВ МЭМС	135
<i>Мицкевич А. С., Таратын И. А.</i> РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ДАТЧИКА УГЛА НАКЛОНА НА ТОНКОМ НИТРИДНОМ ПОДВЕСЕ.....	136
<i>Назарчук К. А., Колонтаева Т. В.</i> КВАРК-ГЛЮОННАЯ ПЛАЗМА.....	137
<i>Насевич А. А., Лапицкая В. А., Соловьев Я. А., Трухан Р. Э.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК Pt/NiV НА КРЕМНИИ МЕТОДОМ БЫСТРОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ.....	138
<i>Осокин Д. И., Насевич А. А., Лапицкая В. А., Люцко К. С., Трухан Р. Э.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНОГО ТАКТИЛЬНОГО СЕНСОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИНЫ ПРОВОДЯЩЕЙ СТРУКТУРЫ.....	139
<i>Павловский А. А., Колонтаева Т. В.</i> КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ В ЭМУЛЬСИЯХ	140
<i>Париза И. А., Забогонский К. А., Таратын И. А., Ризноокая Н. Н.</i> РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ УПРУГОГО ПОДВЕСА ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА АКСЕЛЕРОМЕТРА.....	141
<i>Подвицкий Н. В., Босак Н. А.</i> МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ОКСИДА ЛАНТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО ЭРБИЕМ, НА КОРУНДОВОЙ ПОДЛОЖКЕ	142
<i>Подвицкий Н. В., Бука А. В., Босак Н. А.</i> МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ОКСИДА ЛАНТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО ЭРБИЕМ.....	143
<i>Потонейко А. В., Колонтаева Т. В.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СИНТЕЗА ПОЛИМЕРНОГО АРМИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА	144
<i>Потонейко А. В., Сернов С. П.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС	145

<i>Пытченко С. С., Колонтаева Т. В.</i> ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ	146
<i>Сапсалёв Д. В., Мельникова Г. Б., Толстая Т. Н., Чижик С. А.</i> НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ ПОЛИВИНИКАРБАЗОЛА, СФОРМИРОВАННЫЕ МЕТОДОМ СПИН-КОАТИНГА.....	147
<i>Станчук А. А., Сергеевич О. А., Богдан Е. О.</i> СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	148
<i>Трухан Р. Э., Толстая Т. Н., Лапицкая В. А., Чижик С. А., Рогачев А. А.</i> КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПЛЕНКАМИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА	149
<i>Хабарова А. В., Лапицкая В. А., Чижик С. А., Николаев А. Л., Садырин Е. В., Волков С. С., Айзикович С. М.</i> ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ TiN И AlN, НАНЕСЕННЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ	150
<i>Юковец К. О., Колонтаева Т. В.</i> ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ	151

СЕКЦИЯ 4. ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Sushant Pawar, Sanjay T Gandhe, Dipak P. Patil</i> ENHANCEMENT OF OBJECT DETECTION IN SAR IMAGERY USING ADAPTIVE CFAR.....	153
<i>Zhang Y., Saukova Y.</i> MEASUREMENT AND CALCULATION OF OPTICAL PARAMETERS OF BIODYNAMIC LIGHT SOURCE.....	154
<i>Алешкевич К. В., Артюхина Н. К.</i> АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЗАЩИТНЫХ БЛЕНД ДЛЯ ЗЕРКАЛЬНЫХ СИСТЕМ	155
<i>Арбузов А. Д., Кузнецик В. О.</i> ОПТИЧЕСКИЕ ВИЗИРЫ.....	156
<i>Ачаповский А. И., Артюхина Н. К.</i> ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЙ ОБЪЕКТИВ ДЛЯ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ.....	157
<i>Белохвостик Е. В., Жук М. А., Кузнецик В. О.</i> КОНТРОЛЬ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОНОКУЛЯРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ.....	158
<i>Герцова А. В., Юмашев К. В., Трусова Е. Е.</i> ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО КРИСТАЛЛА Nd:La ₂ Be ₂ O ₅	159
<i>Денисов М. О., Матвеев В. В.</i> ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧКИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	160
<i>Дмитров М. А., Горбаченя К. Н., Кисель В. Э.</i> ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА Er,Yb:GdMgB ₅ O ₁₀	161
<i>Жукова М. Н., Комаров Ф. Ф., Людчик О. Р., Мильчанин О. В.</i> ШИРОКОПОЛОСНОЕ АНТИОТРАЖАЮЩЕЕ КОМПОЗИТНОЕ ПОКРЫТИЕ: ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	162
<i>Книга И. В., Маляревич А. М.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СЕЛЕНИДА ЦИНКА ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИБОРАХ СРЕДНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА СПЕКТРА	163
<i>Лазарчук А. И., Горбаченя К. Н., Кисель В. Э.</i> КРИСТАЛЛ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО БОРАТА С ИОНАМИ Yb ³⁺ КАК АКТИВНАЯ СРЕДА СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ	164
<i>Лазарчук А. И., Шишко Т. А., Кисель В. Э.</i> НЕПРЕРЫВНЫЙ ЛАЗЕР НА КРИСТАЛЛЕ КОРРУНДА С ТИТАНОМ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ	165

<i>Лазарчук А. И., Ясюкевич А. С., Гоман В. И., Кисель В. Э.</i> НЕПРЕРЫВНЫЙ ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{Yb:Gd}_{1,615}\text{Y}_{0,385}\text{SiO}_5$ С НАКАЧКОЙ ОДНОМОДОВЫМ ЛАЗЕРНЫМ ДИОДОМ.....	166
<i>Лебедева О. В., Артюхина Н. К.</i> УСТРОЙСТВО СИМУЛЯЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ.....	167
<i>Луцкович З. М., Лапковский А. С., Фёдорцев Р. В.</i> МОДУЛЬ АВТОФОКУСИРОВКИ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ	168
<i>Мамай Е. Ю., Артюхина Н. К.</i> ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ С ВНУТРЕННЕЙ ФОКУСИРОВКОЙ	169
<i>Махнач А. В., Козерук А. С.</i> КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРИЦЕЛ НАВОДЧИКА	170
<i>Миронович Д. В., Козерук А. С.</i> ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	171
<i>Побожный А. А., Артюхина Н. К.</i> ОПТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МИКРО-КЛАССА	172
<i>Портных Н. А., Матвеев В. В.</i> АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И СИНТЕЗ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ.....	172
<i>Роговая И. С., Мильчанин О. В., Комаров Ф. Ф.</i> ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ ДИОКСИДА ОЛОВА НА КРЕМНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ ПЛЕНКИ МЕТАЛЛА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ДВУХСТАДИЙНЫМ ОТЖИГОМ	173
<i>Романцева Е. А., Матвеев В. В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ	174
<i>Станчук А. А., Сергеевич О. А., Колонтаева Т. В.</i> КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ С РАСШИРЕННЫМ ДИАПАЗОНОМ СВОЙСТВ.....	175
<i>Суринович Е. И., Диас Гонсалес Рафаэль Орландо, Козерук А. С., Кузнецик В. О.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ЛИНЗ МАЛОЙ ЖЕСТКОСТИ	176
<i>Талайковская Ю. Ю., Лукашов Д. Е., Фёдорцев Р. В., Горбач Д. В.</i> МЕТОДИКА ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ ДРЕВНИХ МОНЕТ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОРРОЗИИ	177
<i>Хрипач Е. В., Козерук А. С.</i> ИМПУЛЬСНЫЙ ДАЛЬНОМЕР	178
<i>Цумарев Я. Д., Свирина Л. П.</i> КОМПАКТНЫЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДАЛЬНОМЕТРИИ.....	179
<i>Черкасова П. В., Матвеев В. В.</i> СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ЛАЗЕРНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ.....	180
<i>Чикулина И. С., Вакалов Д. С., Кичук С. Н., Бедраков Д. П.</i> ВЛИЯНИЕ СПЕКАЮЩИХ ДОБАВОК MGO И TEOS НА ОПТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ СОСТАВА LuAG:Yb, Er	181
<i>Шавель С. С., Горобец В. А., Бушук С. Б.</i> МНОГОВОЛНОВОЙ ТЕА ЛАЗЕР С КОМБИНИРОВАННОЙ РАБОЧЕЙ СМЕСЬЮ	182
<i>Шанчук В. А., Чергейко С. В., Артюхина Н. К.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЕКТИВОВ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ В КОСМИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ	183
<i>Шахрай Р. В., Козерук А. С.</i> ПРИЦЕЛ НАВОДЧИКА МНОГОКАНАЛЬНЫЙ	184
<i>Шевченко В. П., Артюхина Н. К.</i> ЦИФРОВОЙ АВТОКОЛЛИМАТОР	185
<i>Шшико Т. А., Лазарчук А. И., Кисель В. Э.</i> ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ ИТТЕРБИЕВЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР	186

<i>Шишко Т. А., Лазарчук А. И., Кисель В. Э.</i> ЗАВИСИМОСТЬ ГЕНЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРИСТАЛЛОВ ДВОЙНЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ВОЛЬФРАМАТОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ТРЕХВАЛЕНТНЫХ ИОНОВ ИТТЕРБИЯ.....	187
<i>Шишко Т. А., Горбаченя К. Н., Ясюкевич А. С.</i> ЛАЗЕР ВИДИМОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА В РЕЖИМЕ ПАССИВНОЙ МОДУЛЯЦИИ ДОБРОТНОСТИ	188
<i>Шкурский В. Д., Остошов П. А., Пиеничников Д. А., Кузнецик В. О.</i> ОПТИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ.....	189

СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

<i>Балухо И. Н., Кольчевский Н. Н.</i> РАСЧЕТ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО СОСТАВНОГО ЛИНЗОВОГО ВОЛНОВОДА	191
<i>Беглик В. В., Балухо И. Н., Кольчевский Н. Н.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИЙ СПУТНИКОВЫХ ГРУППИРОВОК	192
<i>Бенчак Г. Ю., Жихарева В. Е., Леготкина Л. А., Шумилова М. Д., Зайцева Е. А., Бразовская Н. Г., Калачева Т. П.</i> РАЗРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ СТЕПЕНЕЙ ТЯЖЕСТИ ТЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ	193
<i>Бойко Ф. В., Балухо И. Н., Кольчевский Н. Н.</i> WEB СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	194
<i>Володкович В. И., Кисляков Н. Н., Бумай Ю. А.</i> СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ КРОВИ И СКОРОСТИ КРОВОТОКА	195
<i>Гурина А. В., Бокуть Л. В.</i> О НЕКОТОРЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ СОВРЕМЕННОЙ ОПТИКИ	196
<i>Дайлида А. В., Бокуть Л. В.</i> СИММЕТРИЧНЫЕ КРИПТОСИСТЕМЫ	197
<i>Данилетский М. Г., Гацкевич Е. И.</i> ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОЦЕССОРОВ С 2010 ПО 2023 ГОДЫ	198
<i>Добровольская С. А., Кондратьева Н. А.</i> САЙТ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРОГРАММАХ FIGMA И VISUAL STUDIO CODE	199
<i>Коляда Е. А., Запольская К. В., Степаненко Д. А.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ОБРАЗЦОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ ВОДЫ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКОЙ.	200
<i>Комяк Н. М., Прусова И. В.</i> ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В АЗАРТНЫХ ИГРАХ.....	201
<i>Коптур Т. И., Бокуть Л. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ.....	202
<i>Королецкий И. А., Бобученко Д. С.</i> ЗАВИСИМОСТЬ УГЛА ОТРАЖЕНИЯ ОТ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ УПРУГОГО ШАРА	203
<i>Красневский Д. Ю., Ризноокая Н. Н.</i> ОЦЕНКА РАДИУСА ПЯТНА КОНТАКТА СФЕРА–ПЛОСКОСТЬ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	204
<i>Кузнецов А. С., Гацкевич Е. И.</i> СРАВНЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ LINUX И WINDOWS	206
<i>Кузнецов А. С., Черный В. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ЗАТВОРОМ ШОТТКИ В СХЕМЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	207
<i>Куницын С. А., Мочула А. В.</i> СРАВНЕНИЯ СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОФЭКТ И КОРРЕКЦИИ	

АТТЕНУАЦИИ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИОКАРДИАЛЬНОЙ ПЕРФУЗИИ.....	208
<i>Маковская В. М., Красовский В. В.</i> ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	209
<i>Маковская В. М., Бокуть Л. В.</i> ПРИЛОЖЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛОВ.....	210
<i>Максименко А. П., Щербакова Е. Н., Кондратьева Н. А.</i> АНАЛИЗ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПСФ В 2022–2023 УЧЕБНОМ ГОДУ.....	211
<i>Новик И. И., Бобученко Д. С.</i> ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ МЕТОДОМ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ.....	212
<i>Овчинник Д. А., Черный В. В.</i> ДВУМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ.....	213
<i>Поддубный А. В., Бобученко Д. С.</i> ОСОБЕННОСТИ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ ПРИ СЛОЖЕНИИ ВОЛН С РАЗЛИЧНЫМИ АМПЛИТУДАМИ.....	214
<i>Соколов А. С., Бокуть Л. В.</i> ПРИЛОЖЕНИЕ БУЛЕВЫХ АЛГЕБР К ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНЫМ СХЕМАМ.....	216
<i>Стрельцов Д. С., Матвеев В. В.</i> МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРИЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДУЛЯ МР65М.....	217
<i>Тиханкова Д. И., Балуха И. Н., Жукова М. Н., Кольчевский Н. Н.</i> РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ФИЗИКЕ И МАТЕМАТИКЕ.....	218
<i>Трапенко Н. В., Балуха И. Н., Петлицкий А. Н., Дудчик Ю. И., Кольчевский Н. Н.</i> РЕГИСТРАЦИЯ ФОТОНОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИАПАЗОНА ПРИ ПОМОЩИ ПЗС МАТРИЦ.....	219
<i>Юхновская О. В., Савкова Е. Н., Гундина М. А.</i> ВЛИЯНИЕ УДАЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НА ХАРАКТЕР АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ.....	220
<i>Юхновская О. В., Пантелеев К. В., Гундина М. А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	221

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОСФЕРА И МЕНЕДЖМЕНТ СПОРТА

<i>Бекар Е. Е.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРЫЖКОВ.....	222
<i>Белявский Н. А., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ ЗАЛА СОВЕЩАНИЙ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА «МИНСК».....	223
<i>Бутько Е. А., Бычков П. В., Сергеевич П. В.</i> ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА.....	224
<i>Вербицкая А. В., Барановская Д. И.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА КРЫТОМ КАТКЕ ГУ «ХК «ЮНОСТЬ-МИНСК».....	225
<i>Вербицкий А. Д., Комаровская В. М.</i> БРОСКОВЫЙ ТРЕНАЖЕР-ЭСПАНДЕР ДЛЯ ХОККЕЯ.....	226
<i>Гарай В. В., Карнейчик В. В.</i> АМЕРИКАНСКАЯ, ЕВРОПЕЙСКАЯ И АЗИАТСКАЯ МОДЕЛИ МЕНЕДЖМЕНТА В СПОРТЕ, ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.....	227
<i>Гарай В. В., Барановская Д. И., Катибникова В. А.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ КРЫТОГО КАТКА ДЮСШ.....	228
<i>Горбачев М. В., Парамонова Н. А., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАТЕЖНО-ПРОПУСКНОЙ СИСТЕМЫ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА «МИНСК».....	228

<i>Дан Итун, Дорожко А. С., Карнейчик В. В.</i> СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К СИЛОВЫМ ТРЕНИРОВКАМ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ.....	229
<i>Дудаль Г. В., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СОК «ОЛИМПИЙСКИЙ»	230
<i>Зуй К. Д., Карнейчик В. В.</i> ОСОБЕННОСТИ БРЕНДИРОВАНИЯ В СФЕРЕ СПОРТА	231
<i>Катибникова В. А., Карнейчик В. В.</i> МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА ТРЕХМЕРНОЙ КИНЕМАТИКИ БЕГОВЫХ ЛОКОМОЦИЙ СПОРТСМЕНОВ	232
<i>Климович А. А., Карнейчик В. В.</i> АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА	233
<i>Книга Н. А., Комаровская В. М.</i> ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГРЕБКОВЫХ ДВИЖЕНИЙ.....	234
<i>Корзун А. В., Карнейчик В. В.</i> КОНЦЕПЦИЯ МАРКЕТИНГА В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА	235
<i>Литвинко А. В., Дарашевич Е. С., Карнейчик В. В.</i> РЫНОК СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ	236
<i>Оганисян Р. С., Самохвал П. М.</i> БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА.....	237
<i>Оганисян Р. С., Андрух А. В., Полозок Л. П., Мурзинков В. Н., Закерничный В. И.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ И СЛОЖНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ В СПОРТИВНОЙ БОРЬБЕ.....	238
<i>Сергеев С. С., Бельский И. В.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ БАССЕЙНА СОК «ПОЛИТЕХНИК» БНТУ	239
<i>Сивко С. И., Барановская Д. И.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗВУКОУСИЛЕНИЯ В УЧРЕЖДЕНИИ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЦЕНТР ОЛИМПИЙСКОГО РЕЗЕРВА ПО ФРИСТАЙЛУ».....	240
<i>Ткачёв П. В., Карнейчик В. В.</i> РЫНОК СПОРТИВНЫХ СОБЫТИЙ.....	241
<i>Чикун А. Д., Карнейчик В. В.</i> МАРКЕТИНГОВАЯ СТРАТЕГИЯ В СПОРТЕ.....	242
<i>Шарафутдинов Д. Р., Солонец А. В.</i> ИНТЕРАКТИВНЫЕ ВОРОТА ДЛЯ МИНИ-ФУТБОЛА	243
<i>Шидловский Ф. П., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ УЧРЕЖДЕНИЯ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЦЕНТР ОЛИМПИЙСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПО ФРИСТАЙЛУ».....	243
<i>Шишин Р. А., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ «ВИДЕОГОЛ» ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ КРЫТЫЙ КАТОК «ЮНОСТЬ-МИНСК»	244
<i>Яшкин А. В., Барановская Д. И.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗВУКОУСИЛЕНИЯ НА ОБЪЕКТЕ КРЫТЫЙ КАТОК ГУ «ХК «ЮНОСТЬ-МИНСК»	245

СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Алешевич Д. Д., Соколовский С. С.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ДОРОЖНЫХ КУРВИМЕТРОВ.....	247
<i>Бань Н. Д.</i> НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	248
<i>Володкович В. И., Романчак В. М.</i> МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ.....	249
<i>Врублевская Т. Н., Лужинская А. И., Самохвал П. М.</i> КАЧЕСТВО С РАЗЛИЧНЫХ СТОРОН ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА.....	250

<i>Врублевская Т. Н., Самохвал П. М.</i> СОСТОЯНИЕ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА КАК ОДНА ИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ.....	251
<i>Грибковский А. В., Лужинская А. И., Бережных Е. В., Серенков П. С.</i> МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ЯЩИК ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.....	252
<i>Грибковский А. В., Бережных Е. В., Серенков П. С.</i> ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.....	253
<i>Гуринович А. А., Серенков П. С., Давыдова Е. А.</i> КОММУНИКАЦИИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СМК.....	254
<i>Гуринович А. А., Серенков П. С., Давыдова Е. А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ СМК.....	255
<i>Дирша А. В., Соломахо В. Л.</i> ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ КАСТОМИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	256
<i>Добкач Л. Я.</i> ПРОЕКТ СТАНДАРТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ РАСШИРЕННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И РЕАГИРОВАНИЯ.....	257
<i>Дубейко С. В., Коробко Ю. С.</i> БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК: КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ И УХОДА	258
<i>Дубейко С. В., Коробко Ю. С.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРИ КАЛИБРОВКЕ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ	259
<i>Жданюк А. В., Спесивцева Ю. Б.</i> РАЗРАБОТКА КОНКУРСА «ЛУЧШИЙ ПРОЕКТ УЛУЧШЕНИЯ В СТРАНЕ, ОРГАНИЗАЦИИ, ОТРАСЛИ»	262
<i>Изотов Н. А., Токарь О. В.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА	263
<i>Кисляков Н. Н., Романчук В. М.</i> МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ	264
<i>Ковыньев Н. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ СТЕГАНОГРАФИИ	265
<i>Коновалова А. П., Давыдова Е. А.</i> АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ТРЕТЬИХ СТРАН ДЛЯ СОДЕЙСТВИЯ ЭКСПОРТУ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	266
<i>Корякин М. С., Спесивцева Ю. Б.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ.....	267
<i>Кречко А. А., Савкова Е. Н.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	268
<i>Лужинская А. И., Гомма М. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ «ИНДУСТРИИ 4.0».....	269
<i>Лужинская А. И., Гомма М. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ	270
<i>Макаренкова Е. С., Спесивцева Ю. Б.</i> НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	271
<i>Мишуткин И. А., Соколовский С. С.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЕТАЛИ ШАРОШЕЧНОГО ДОЛОТА.....	272
<i>Отчик Ю. Ю., Ленкевич О. А.</i> МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ КОНТЕКСТА ОРГАНИЗАЦИИ.....	273

<i>Отчик Ю. Ю., Ленкевич О. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ SWOT-АНАЛИЗА В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ	274
<i>Подвойская А. Н., Романчук В. М.</i> МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ	275
<i>Романюк А. М., Соломахо В. Л.</i> МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ТВЕРДЫХ НАНО- И МИКРОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ	276
<i>Семак М. Р., Соломахо В. Л.</i> МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЧЕТНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ	277
<i>Сенюта В. В., Соломахо В. Л.</i> ВЛИЯНИЕ НОРМИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ СТАНДАРТНОГО РАСТВОРА СРАВНЕНИЯ НА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЕЩЕСТВ	278
<i>Сенюта В. В., Гомма М. А.</i> ИНТЕГРАЦИЯ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ В ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА	279
<i>Троцкая А. Э., Давыдова Е. А.</i> МЕТОДЫ АУДИТА В СИСТЕМАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА.....	280
<i>Троцкая А. Э., Гомма М. А.</i> РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D СКАНИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ.....	281
<i>Турсунхожаев А., Сидоренко В. В., Токарь О. В.</i> АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ.....	282
<i>Удалов А. А., Богословский Ф. А., Цирлов В. Л.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОБИЛЬНОГО БАНКОВСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ	283
<i>Филипович Е. Р., Давыдова Е. А.</i> СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.	284
<i>Фильченко Н. Т., Давыдова Е. А.</i> АНАЛИЗ РАБОТЫ НАДЗОРНЫХ ОРГАНОВ В ОБЛАСТИ ИНТЕРНЕТ-ТОРГОВЛИ	285
<i>Фурс М. С., Серенков П. С.</i> БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО – ПАНАЦЕЯ ВО ВРЕМЯ КРИЗИСА ИЛИ ИСТОЧНИК ПРОБЛЕМ	286
<i>Фурс М. С., Серенков П. С.</i> ИНТЕГРАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» В СИСТЕМУ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ	287
<i>Чжан Ю., Савкова Е. Н.</i> ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РОБАСТНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРИМЕНЯЮЩИХ ЦИФРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ.....	288

Научное издание

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Материалы
17-й Международной научно-технической конференции
молодых ученых и студентов

17–19 апреля 2024 года

Минск, Республика Беларусь

Ответственный за выпуск *Н. Н. Ризноокя*
Оформление и компьютерная верстка *Д. Ю. Красневский, И. А. Париза, К. А. Забогонский*

Подписано в печать 10.04.2024. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 35,22. Уч.-изд. л. 30,16. Тираж 60. Заказ 230.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.