

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал

№ 10 (55) / 2018

1 часть

Редакционная коллегия:

д.п.н., профессор Аркулин Т.В. (Москва, РФ)

Члены редакционной коллегии:

- Артафонов Вячеслав Борисович, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологического и природоресурсного права (Москва, РФ);
- Игнатъева Ирина Евгеньевна, кандидат экономических, преподаватель кафедры менеджмента (Москва, РФ);
- Кажемаев Александр Викторович, кандидат психологических, доцент кафедры финансового права (Саратов, РФ);
- Кортун Аркадий Владимирович, доктор педагогических, профессор кафедры теории государства и права (Нижний Новгород, РФ);
- Ровенская Елена Рафаиловна, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой судебных экспертиз, директор Института судебных экспертиз (Москва, Россия);
- Селиктарова Ксения Николаевна (Москва, Россия);
- Сорновская Наталья Александровна, доктор социологических наук, профессор кафедры социологии и политологии;
- Свистун Алексей Александрович, кандидат филологических наук, доцент, советник при ректорате (Москва, Россия);
- Тюменев Дмитрий Александрович, кандидат юридических наук (Киев, Украина)
- Варкумова Елена Евгеньевна, кандидат филологических, доцент кафедры филологии (Астана, Казахстан);
- Каверин Владимир Владимирович, научный сотрудник архитектурного факультета, доцент (Минск, Белоруссия)
- Чукмаев Александр Иванович, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права (Астана, Казахстан) (Астана, Казахстан)

Ответственный редактор

д.п.н., профессор Каркушин Дмитрий Петрович (Москва, Россия)

Международные индексы:



Ответственный редактор:

Главный редактор:

Завальский Яков Андреевич (Россия), доктор психологических наук, профессор

Международный редакционный совет:

Научный редактор: Игнатьев Сергей Петрович (Россия), доктор педагогических наук, профессор
Ответственный секретарь редакции: Давыдова Наталия Николаевна, кандидат психологических наук, доцент.

Арсеньев Дмитрий Петрович (Россия),

доктор психологических наук, профессор, заведующий лабораторией

Бычковский Роман Анатолиевич (Россия),

доктор психологических наук, профессор, МГППУ

Ильченко Федор Валериевич (Россия),

доктор психологических наук, профессор, заведующая лабораторией психологии

Кобзон Александр Владимирович (Россия),

доктор педагогических наук, профессор

Панов Игорь Евгеньевич (Россия),

доктор технических наук, профессор

Петренко Вадим Николаевич (Казахстан),

доктор психологических наук, профессор

Прохоров Александр Октябрьнович (Казахстан),

доктор педагогических наук, профессор

Савченко Татьяна Николаевна (Беларуссия),

кандидат психологических наук, доцент

Стеценко Марина Ивановна (США),

Ph.D., профессор

Строганова Татьяна Александровна (Украина),

доктор педагогических наук, профессор

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:

г. Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия

E-mail: info@euroasia-science.ru ; www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии г. Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Briko A., Otstavnov S., Istomina M. DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR METROLOGICAL CONTROL OF ELECTROCARDIOGRAPHIC EQUIPMENT	4	Кугаевский С.С., Гамберг А.Е. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	38
Pham Trong Hung, Nguyen Tien Tai, Nguyen Trung Thanh THE TARGET DETECTION ON THE SEA SURFACE BASED ON THE MAXIMUM EIGENVALUE OF THE POLARIZATION COVARIANCE MATRIX	12	Латыпов А.С., Конева Н.Е. МЕТОДЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.....	42
Баянов К.О. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЛЮД РУССКОЙ КУХНИ В ИНДУСТРИИ РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА ..	17	Новрузова З.Д., Новрузов О.Д. СТАДИИ РАЗВЕДОЧНОГО ПРОЦЕССА И ПЛОТНОСТЬ СЕТИ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК	47
Вавилова В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МУЛЬТИПОЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	19	Хомиджонова М.А. АРИСТЕИ, КОТОРЫЕ БЫЛИ УПОМЯНУТЫ ПТОЛЕМЕЕМ.....	50
Вавилова В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ МУЛЬТИПОЛЬНЫХ ГАРМОНИК.....	23	Тожибоев А.К. СОЛНЕЧНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРО И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	52
Волков А.И. ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА.....	26	Хаскин В.Ю., Бернацкий А.В., Коржик В.Н., Чижская Т.Г., Доляновская О.В. ВЫБОР СХЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ И СВАРКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	56
Еремеева Ж.В., Лопатин В.Ю., Панов В.С., Мякишева Л.В., Лизунов А.И. ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОГЛАЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА НА ОСНОВЕ V_4C ПРИ ВВЕДЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК.....	28	Шалаев Д.А., Крутиков А.К., Подковырин В.Д. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ РЕЙТИНГОВОЙ ПЛАТФОРМЫ В КОМАНДНЫХ ВИДАХ СПОРТА.....	66
Кляшов А.А., Кочеткова Т.П. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ВИБРОРЕЗЦЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭФФЕКТА	36	Яроц В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЧТЕНИИ ЛЕКЦИЙ ПО КУРСУ «МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА»	68

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гюльбякова Х.Н., Маринина Т.Ф., Казуб В.Т. ИССЛЕДОВАНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ГЕЛЯ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ INONOTUS OBLIQUUS.....	70
--	----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR METROLOGICAL CONTROL OF ELECTROCARDIOGRAPHIC EQUIPMENT

Andrey Briko

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow
briko@bmstu.ru*

Stanislav Otstavnov

*Cand. Sc. Economy, Department for the Development and External Affairs, The Center for Healthcare Quality Assessment and Control of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow
otstavnov@rosmedex.ru*

Maria Istomina

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

ABSTRACT

With the increasing number of cardiovascular diseases, the importance of ECG as a simple and convenient method of diagnosis is growing. But high quality diagnostic procedures requires appropriate high-quality metrological support. Currently used methods of metrological support of ECG-systems require an operator for each step of calibration and testing. Therefore, it makes relevant to develop the automated system for metrological support of ECG equipment, which was declared as the purpose of the work. To achieve this goal, the following problems were solved as tasks. Actuality of creation of automated system for metrological verification and certification testing of ECG-equipment was shown. The algorithm of work and the structural schemes of the system and all of its components were provided. The proposed system is a metrological assurance device in accordance to GOST 60601-2-51, ISO 9001, ISO 13485, and the "lean health care" concept was designed and proposed.

KEYWORDS

electrocardiography, testing, generator of ECG test signals, metrology, quality, automation.

INTRODUCTION

Cardiovascular disease is the leading cause of death worldwide. Particularly, this cause constitutes about 56% of the total number of all causes of death. [1]. Generally, the group of cardiovascular diseases includes many different diseases but the three leading ones account for about 80% of deaths. The leading types of cardiovascular disease are ischemic heart disease, arterial hypertension, and cerebrovascular disease. In European Union countries, 16% of men and 15% of women die from the ischemic heart disease [2]. Russia is one of the countries with the highest death rate from cardiovascular disease. In 2016, according to Russian Federal State Statistics Service, the death rate of working-age population from cardiovascular disease was 49.9 people per 100,000 people, and, together with the death rate from neoplasms, it holds the leading position among other major causes of death [3, 4].

At the same time, a number of experts believe that these indicators are overstated due to not sufficiently accurate diagnosis and errors in autopsy. Therefore, qualitative, timely and affordable diagnosis of the cardiovascular system pathology is the most important problem in healthcare.

The most common, and at the same time, proven method of instrumental investigation in cardiology is electrocardiography, which is the process of recording the cardiac biopotentials on the surface of the human body. However, the quality of electrocardiographic research highly depends on the quality of the instrumental devices.

Improving the quality and accessibility of healthcare is a result of the implementation of innovative products of pharmaceutical, biotechnological (medicines), and medical manufacturing (medical devices) in healthcare practice [5]. However, the quality and efficiency of such products are determined by the smoothness of the system of processes used to create the products, where one of the most important processes is metrological assurance.

Nowadays, there is a number of international and domestic standards outlining the technical requirements for medical devices in general, and for electrocardiographic equipment in particular [5-10]. These standards describe, in particular, methods of certification testing, and recommendations for metrological assurance, establishing a verification of this type of equipment. Verification of the electrocardiographic equipment is a quite laborious procedure, and this underlines the actuality of creation of automated systems for metrological verification and certification testing, that meet the regulatory documentation requirements and reduce the material and labor costs of carrying out these procedures.

There is a substantial interest in the possibility of assessment of the current state of electrocardiographic equipment (not only for technical maintenance) during its exploitation, conducted by the engineering and technical personnel of medical and preventive health care facilities, or at the production site. This would allow performing the preliminary equipment preparation and monitor its conditions "at locations", and, undoubtedly,

it would significantly increase the reliability of patient's diagnostic.

In the modern world, there are electrical cardio signals simulators that integrate the imitation of interference of various origin and various test signals specified by standards [11-15]. But the ECG array from signals transmitted as test signals is not sufficient, and modern cardiac monitors of various types require a device capable of comprehensive software testing.

Despite, the main disadvantage of the existing electrical cardio signals simulators is the dependence of their ability to meet the standards requirements on their configuration by the operator. In the absence of interaction of the simulator with electro-cardio equipment, which would provide the possibility of automatic switching of modes in accordance with the standards requirements, the labor productivity of the operator performing metrological verification or testing of electro-cardio equipment falls sharply, as the channels and modes are switched manually. As a result, the labor intensity, measured by the amount of time the operator spends on each operation, increases substantially.

Nowadays the main directions of ECG researches are dedicated to signal analysis and classification using popular methods like deep machine learning and neurons [16-18]. The systematic search carried out by two different researchers using Embase and PubMed database has shown a few works about metrological questions of ECG equipment, mostly dedicated to ECG signal simulator. And the problem has not been considered in terms of lean manufacturing and quality management.

Thus, a very vital task is the creation of a system for metrological verification and certification testing of electro-cardio equipment, that meets the standards requirements and allows to reduce material and labor costs for conducting metrological verification and certification testing due to complex automation of the basic processes. Accordingly, the expected technical result of the proposed system can be formulated as the enhancement of the simulator ergonomics in its autonomous application.

PROPOSALS ON THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEM

The characteristics and functionality of the test ECG signals simulator are determined by the testing methods and test signals used according to the harmonized standard IEC 60601-2-51:2003 (GOST R IEC 60601-2-51-2011 for Russia) [7, 8].

In order to test the basic functional instrumental characteristics of electro-cardio equipment and software designed for ECG analysis, such as the amplitude measurements accuracy, the absolute intervals measurements accuracy, spike durations and other parameters, it is required to ensure the formation of so-called calibration and analytical ECG signals. A specific characteristic of such ECG signals is the similarity of their

forms to the forms of real human biological signals. In certain types of testing, the ECG signals for distinct ECG leads can differ from each other. To provide the possibility of the functional characteristics validation during the testings of each type, the test signal base integrates about a hundred various types of analytical ECG signals. The addition of new analytical ECG signals, which the simulator can reproduce, allows assessing the performance of the electro-cardio equipment and software with the higher accuracy and, in addition, supplementing the list of tests possible.

Thus, the simulator should have a built-in base of test signals necessary for carrying out all types of tests. This function, along with an autonomous power source from the galvanic cells, ensures the operational mobility. Additionally, automatic implementation of the testing report should be enabled (both for the standard testing as mentioned above and for certain special testings), and that can be done by connecting the simulator and electro-cardio equipment to a work station. Appropriate software should be installed on the work station, that is configured to control the simulator and register data received from the electro-cardio equipment.

The proposed system, as described in this article, consisting of the simulator, electro-cardio equipment, and the work station, allows enabling of comprehensive automation of the verification process, while provides the possibility of implementing the express-diagnostics of the technical state of electro-cardio equipment during its exploitation in medical and preventive facilities and at the production site.

STRUCTURAL SCHEME AND DESCRIPTION OF THE SYSTEM FUNCTIONING

The main idea of the system development underlies a complex of instrumental and software means of metrological verification and electro-cardio equipment testing, implementation of which allows carrying out the following procedures:

- formation of test signals using the electrocardiographic signals simulator;
- registration of test signals transmitted from the electrocardiographic signals simulator, which is tested with the electro-cardio device;
- transmission of a response to test signals detected in the tested electro-cardio equipment to a personal computer;
- automatic calculation of metrological characteristics of the tested parameters;
- automatic creation of a report containing the test results.

To automatize the implementation of the above procedures, the following system is proposed for further development (Fig. 1), which includes 3 components: a work station (WS), an electrocardiographic signal simulator (ECGS), and an electrocardiographic equipment (ECGE).

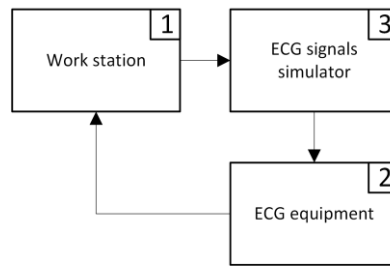


Figure 1. Simplified scheme of the system: work station (1), ECG equipment (2), ECG signals simulator (3).

The proposed system is designed to perform verification, testing and diagnostics of ECGE in an automated mode, without the direct involvement of the operator in these processes, which allows not only to perform these operations faster but also with the higher

quality, while the reports on the operations performed in accordance to generally accepted methods are generated and stored automatically. The algorithm for performing the verification, testing, and diagnostics of the ECGE is demonstrated in block diagram form (Fig. 2).

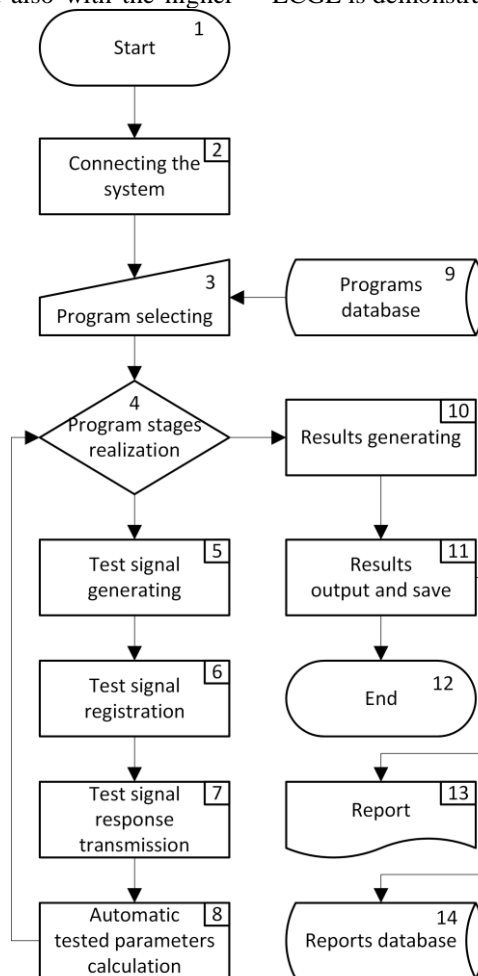


Figure 2. Algorithm for performing verification, testing, and diagnostics of ECGE

The realization of the system functioning is described below. The operator connects the ECGS to the testing ECGE (2). Depending on the type of testing conducted, the built-in test program of ECGS can be used without the use of WS, or a special test program can be used by the means of WS. Depending on the purposes of testing, a program for the performing of certain types of verification and testing is selected (3) from the pre-built database (9). The selected program may consist of several stages, taking into account the requirements for carrying out the automated testing in accordance with all aspects of generally accepted standards.

After the operator selects the program type, the step by step realization (4) of the procedure starts with the generating of the ECGS test signals (5), and the responses to them are registered in ECGE (6). In case the test program is implemented by means of the WS, the ECGS transmits the registered response to the test signals (7) to the WS through a peripheral. If the WS is not used, then the response to the test signal is transmitted in digital form directly to the ECGS. The test signals and the registered responses to them undergo a comparison procedure, based on which, the automatic calculation of the tested parameters is performed in accordance with the selected test program (8).

When all of the phases of the procedure have been completed, the results of the test program (11) realization is generated in the form of a report (13), which is uploaded into the database (14). Based on the generated report containing the calculated parameters, the decision regarding the necessity of conducting the technical diagnostics or ECGE maintenance repair is taken.

WORK STATION

The WS includes a personal computer (PC) with preinstalled specialized software (SW), that allows implementing automated testing procedures, and the peripheral devices connecting ECGS and ECGE.

Thus, the WS can act as a link between ECGS and ECGE but this is not a required condition for the system functioning as ECGS is an independent mobile device. The structural scheme of the workstation is given in Fig. 3.

In case ECGE testings are conducted in real time by the means of WS, the ECGS and ECGE devices are connected to the WS via USB (12). The system is controlled through the graphical user interface (15), which provides the possibility of working with software and databases (2, 13, 14), and also enables viewing the reports and dynamic information as displayed during the testing. If a standard methodology is used to conduct the testing in accordance with the standards set in the database by default, the user should select the appropriate type of the calibration and verification program from the database (14). Each phase of the program requires different types of test signals, which are pre-defined in the test signal database (13). In case the standard methodology is not sufficient, the user may adjust the databases (13, 14), and this will result in the creation of new programs and test signals.

After the testing has been started, the process is managed from the calibration and verification control unit (9), which starts all the program phases sequentially and transmits the signal count from the test signal database (13) to the ECG transmitting unit (10). The ECG transmitting unit (10) groups the data into packets in accordance with the transmission protocol and, then, the packets are transmitted by the ECGS unit of interaction between the simulator ECG devices (11) and the interface unit of the universal serial bus USB 2.0 (12).

Then, the responses to the test signals received from the ECGE in digital form, and encoded in packets

in accordance with the transmission protocol, which can be configured by the means of software designed to enable operational use of devices of different manufacturers, are transmitted from the USB interface (12) to the unit of interaction with ECG recording devices (7). This unit decompresses the signals and transmits them to the ECG signal receiving unit (6). The signal processing unit (5) performs the comparison of the test signal sent from ECGS to the registered ECGE response to the test signal, and, as a result, the automatic calculation of the tested parameters is done in accordance with the phase of the test program, for example, time and amplitude calculations. After the implementation of all phases has been completed, the report generating unit (1) analyzes the data obtained, and forms a report on the test results (3), which can be sent to the printer (4) and saved in the database (2). The operator selects the report type and parameters.

The connection of the ECGS and the ECGE to the WS via USB allows not only conducting the testing in real time but also enabling the function of an automated ECGE calibration, which can be helpful, for example, on the production site. This function can be activated only on ECGE with a USB debugging mode enabled. In this case, the algorithm of operation differs only in that the WS not only receives information from the ECGE but also transmits the calibration rates.

The operational mode with the ECGE connected to WS via USB is described above. Since not all ECG devices have a feature of optional connection to the WS via USB, alternative connecting means can be used. In case of using the ECG tape to record the responses to the test signals, the tape is placed into a special scanning device - input device (8). The information about the registered signals is obtained in the form of a graphic file, the processing of which results in recognition of the lines of the test signals and further digitization of the recording.

Another available option to connect ECG devices is linking the devices using the memory cards. After all phases of testing have been completed, the results of the testing are recorded on the memory card, which is then removed and inserted into the universal card reader of the WS (16). Data processing and calculation of the tested parameters are performed in the post-processing mode.

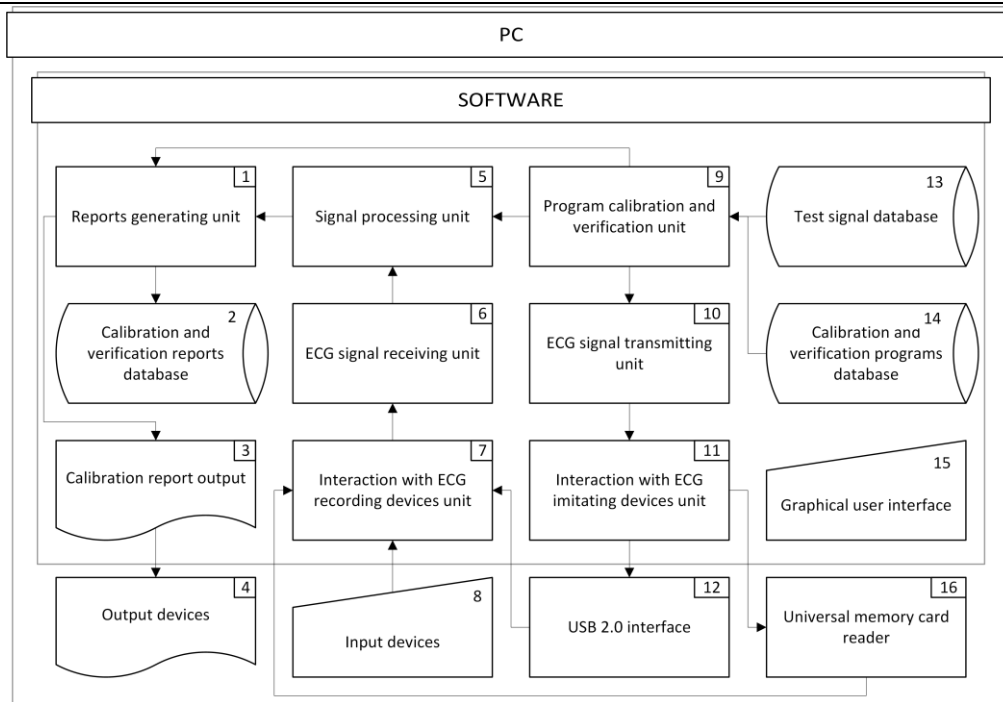


Figure 3. Structural scheme of work station

ELECTROCARDIOGRAPHIC EQUIPMENT

Nowadays, the market offers many different types of electrocardiographic equipment. The most common types among others are the electrocardiograph and the bedside monitors, which differ in both functional and price characteristics. A general structural scheme of electrocardiographic equipment consisting of units most commonly used in modern devices is given in Fig. 4.

Generally, the devices comprise the following units: the instrumental unit of ECG (11), the ECG signal recording unit (6), and the ECG signal processing unit (5). The instrumental unit of ECG (11) contains a scheme of the analog signal detection path, including a protector against static voltage, amplifiers, analog filters, ADC (Analog to Digital Converter), and a microcontroller (which stores the software code that operates the electrocardiographic equipment). The ECG signal recording unit (6) interacts with the instrumental unit of ECG, and with ADC in particular, and thereby it performs the digitization of the signal. The ECG signal

processing unit (5) operates with the registered signals, for example, it filters out the interference signals using the digital filters.

The elements that vary the most in modern electrocardiographic devices are the apparatuses of information input-output. Most often, a touch screen (12) is used as the input, and the user works with the graphical interface of the device (9), and, less often, a push-button control panel is used as the input.

Several types of devices that are used as an information output (including the output of registered ECG signals in real time) can be identified: display (12), ECG tape (1), WS (10), and memory card (13).

The display (12) is used in the most of mobile devices, allowing visualizing the registered signals in real time with the output of the basic calculated parameters. Currently, the ECG tape is widely used (1) to store data "at locations" with the subsequent transfer of data to the test subject. The main disadvantage of the ECG tape usage is that it has to be operated with a thermal printer controlled by the tape

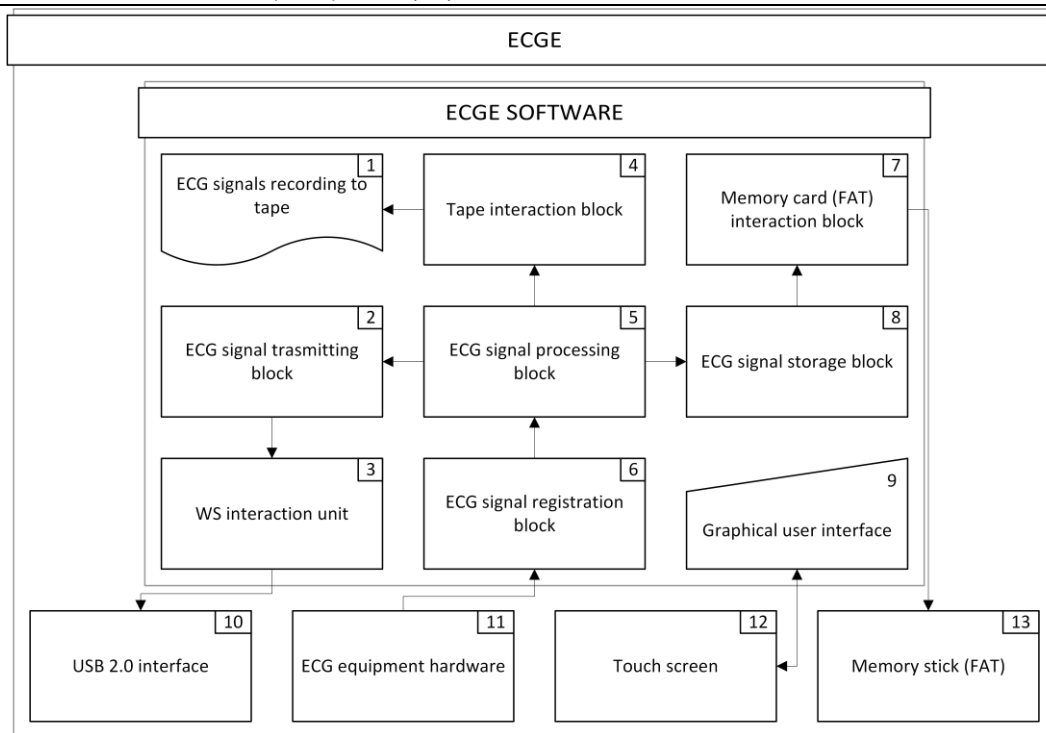


Figure 4. Structural scheme of ECG equipment

connection (interaction) unit (4), and with a case for storing tapes in a portable device, which not only increases the dimensions of the device but requires regularly purchases of a consumable tape for future testings.

For the purposes of long-term ECG mapping, the use of tapes is impractical. Therefore, the ECG signal storage unit (8) is preferred for this type of ECG. The memory card (13) is used as a storage unit, and ECG interacts with the memory card through the interaction unit (7).

Additionally, the market offers the portable electrocardiographs, which transmit data to the WS in real time. Usually, the data is transferred via the universal serial bus USB 2.0 (10), which interacts with the ECG through the WS interaction unit (3), to which the prepared data is sent for further transmission by the ECG signal transmitting unit (2). To operate this type of devices, the appropriate software installed on the WS is needed, which enables receiving, analysis and registration of the signals.

ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNALS SIMULATOR

The structural scheme of electrocardiographic signals simulator is given in Fig. 5. ECGS can work autonomously, using the recorded database of ECG test signals (7) and the calibration and verification programs database (8), or in connection with the WS. Before ECGS's use in autonomous mode, the databases

(7, 8) should be recorded on the memory card (10) by the means of WS. The simulator is equipped with a special memory card unit (1) designed to read the memory cards.

The database of ECG test signals (7) contains the information about test signals outlined in the regulatory standards and the information from various open databases. The calibration and verification program database (8) comprises a sequential list of procedures required to conduct the test or some parts of the test as needed in accordance with the standards or the purposes of testing. The datasets in the databases are related because the database of calibration and verification programs (8) interacts with the database of ECG test signals (7) as carrying out the test phases requires generating of different signals.

ECGS is connected to the WS via universal serial bus USB 2.0 (11). Operation of USB is managed by the unit of interaction with the WS (3), which transmits data to the ECG signal receiving unit (2), where the conversion of data is done.

The graphic user interface (9) of the electrocardiographic signals simulator is based on the user's work with the touch screen (13). It is an essential element of the user interactions with the simulator, selection of techniques and individual test procedures, control of operating modes, and editing of the signal database.

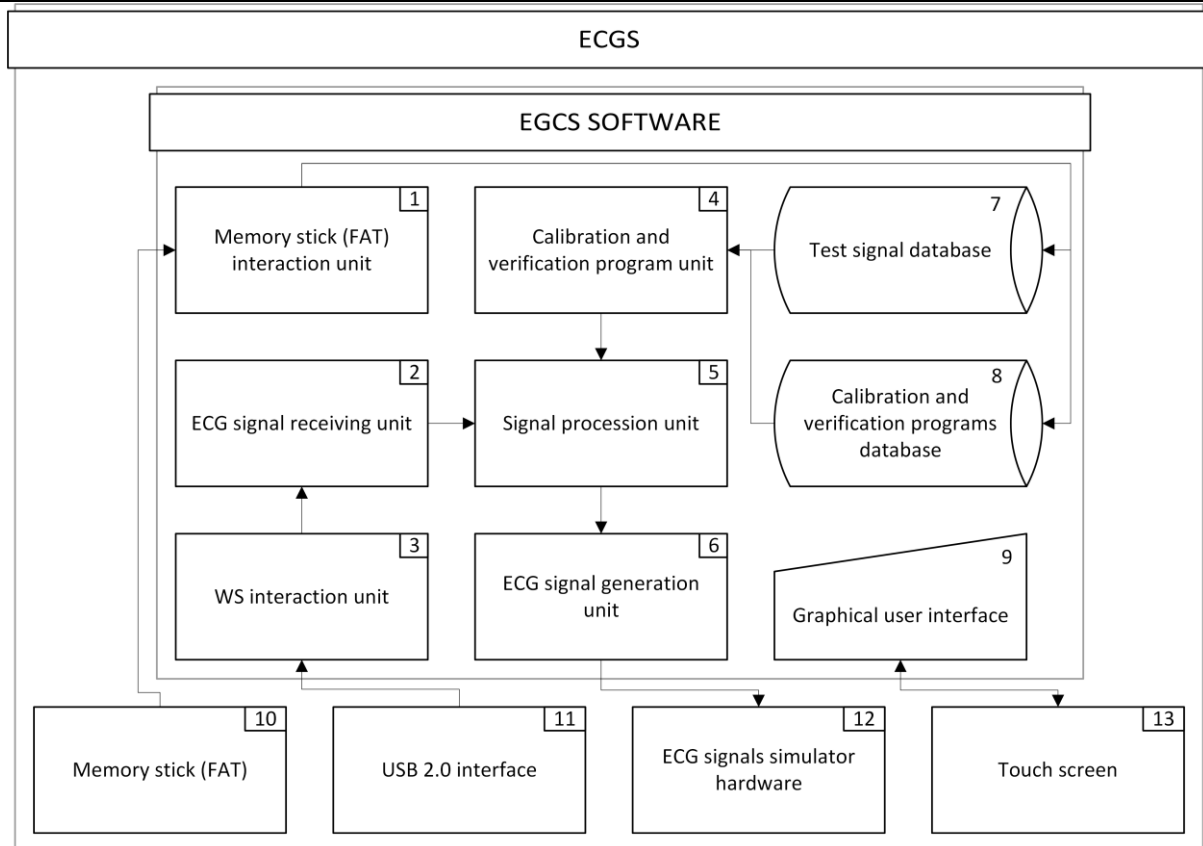


Figure 5. Structural scheme of electrocardiographic signals simulator

In case of operation of the simulator in the autonomous mode, the ECG signal processing unit (5) reads information about the signals that need to be replicated for each particular test point; and in case of operation of the simulator in the connection with the WS, the ECG signal processing unit (5) processes the signals received from the ECG receiving unit (2). The generation unit (6) transmits the information about instrumental characteristics of the simulator to generate the desired signals at the output.

The instrumental part comprises of a microcontroller (that stores the software code that operates the electrocardiographic equipment), ADC, and an analog signal path (amplifiers, filters, and protection from static voltage). These circuitry elements only allow generating of test signals but, in accordance with the standards, it is also required to provide the possibility of simulating the interruption of lead cables, which can be realized by the means of analog keys.

In accordance with some verification methods, it is necessary to provide a harmonic signal generation to assess the suppression of in-phase interference. For this purpose, ADC with amplifiers and filters that operate from a separate power supply chips should be used.

Some electrocardiographs and the bedside monitors have a function of bioimpedance measuring, based on which it is possible to determine the breathing rate. The use of special circuits for adjusting the resistance to the digital potentiometers in the analog path of the simulator allows performing the verification of these functions.

CONCLUSIONS

The article proves the vital need of creation of an automated system for ensuring metrological control, certification and production testing of ECG in test centers, laboratories and "at locations" at all stages of the life cycle (development, serial production, and exploitation).

To enable the system implementation, structural schemes of the system elements have been developed, and a general algorithm of operation has been described. The proposed system provides the possibility of carrying out the preliminary preparation of the equipment, controlling its condition "at locations", and will result not only in significant improvement of the reliability of patient's diagnostics but also will reduce material and labor costs for conducting metrological verification and certification testing due to complex automation of the basic processes.

The paper presents a new method for automated diagnostics of electrocardiographic equipment, which differs from existing ones not only in that it allows to perform verification procedures in accordance with all standards in an automated manner, but may include quality of ECG probes testing as well.

The proposed system is a metrological assurance tool that conforms to IEC 60601-2-51:2003 standards, the requirements of quality standards ISO 9001, 13485, and the "lean healthcare" concept.

Further research will contain the results of the system trials.

References

1. Gitun, T.V. Infarkt miokarda. Diagnostika, profilaktika i metody lecheniya [Myocardial infarction. Diagnosis, prevention and treatment methods] Tsentralpigraf, 2004. 327 p.
2. Analiticheskiy vestnik № 44 (597) Ob aktual'nykh problemakh bor'by s serdechno-sosudistymi zabolevaniyami [Analytical Herald No. 44 (597) On the current problems of combating cardiovascular diseases] Federation Council of Moscow 2015
3. Rosstat - Smertnost' naseleniya v trudospobnom vozraste (predvaritel'nye dannye) za yanvar'-dekabr' 2016-2017 gg. [Mortality of the working-age population (preliminary data) for January-December 2016-2017]
4. Otstavnov S.S., Breusov A.V. Analiz sostoyaniya zdorov'ya naseleniya kak faktor, opredelyayushchiy prioritetye segmenty rynka meditsinskikh izdeliy [Analysis of the health status of the population as a factor determining the priority segments of the market of medical products] // Science and education. Bauman MSTU. Electronic scientific journal. 2013. № 6. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/574663.html>.
5. Otstavnov S.S., Briko A.N. Informatsionnye tekhnologii kak innovatsii na puti k berezhlivomu zdoravookhraneniyu [Information technology as the innovation to lean healthcare] // Proceedings of the 4th International Academic Conference for Young Scientists, Students and Post-Graduate Students "Population, Public Health and Development" (April 20-21, 2018; Moscow). Moscow: National Research University "Higher School of Economics". 2018. Pp. 255-261.
6. Hay S., Abajobir A., Abate K. et al. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*. Vol. 390. No. 10100. Pp. 1260-1344.
7. IEC 60601-2-51:2003. Medical electrical equipment - Part 2-51: Particular requirements for safety, including essential performance, of recording and analysing single channel and multichannel electrocardiographs
8. GOST R IEC 60601-2-51-2008 Izdeliya meditsinskie elektricheskie chast' 2-51: Chastnye trebovaniya bezopasnosti s uchetom osnovnykh funktsional'nykh kharakteristik k registriruyushchim i analiziruyushchim odnokanal'nym i mnogokanal'nym elektrokardiografam [Medical electrical equipment. Part 2-51. Particular requirements for safety, including essential performance, of recording and analyzing single channel and multichannel electrocardiographs]. [Text]; issued on 2009-09-01. Moscow: Standardinform, 2009. 66 p.
9. GOST 19687-89 Pribory dlya izmereniya bioelektricheskikh potentsialov serdtsa. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy [Devices for heart bioelectric potentials measurement. General technical requirements and test methods] [Text]; issued on 1990-01-01. Moscow: Publishing Standards, 1989. 26 p.
10. R 50.2.009-2001. Elektrokardiografy, elektrokardioskopy i elektrokardioanalizatory. Metodika poverki [Electrocardiographs, electrocardioscopes, and electrocardiographs. Methods of verification] [Text]. Replaces MI 2398-97; issued on 2002-01-01. - Moscow: Publishing House of Standards, 2001. 30 p. (State system for ensuring the uniformity of measurements)
11. Podmasteriev K.V., Kozura A.V. Generator testovykh signalov dlya poverki i sertifikatsionnykh ispytaniy elektrokardiopparatury [Generator for electrocardiograph metrological verification and certification tests] // Fundamental and applied problems of technology and technology. 2010. № 1. Pp. 82-87.
12. Shorten G.P., Burke M.J. A precision ECG signal generator providing full Lead II QRS amplitude variability and an accurate timing profile. *31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis, Minnesota, USA, September 2-6, 2009*
13. Caner C., Engin M., Engin E.Z. The Programmable ECG Simulator. *Journal of Medical Systems*. Vol. 32, pp. 355-359, August 2008.
14. Chang J.C. Tai C. Accurate Programmable Electrocardiogram Generator Using a Dynamical Model Implemented on a Microcontroller. *Review of Scientific Instruments*. Vol 77, pp. 075104-5, July 2006.
15. Burke M.J., Nasor M. An Accurate Programmable ECG Simulator. *Journal of Medical Engineering & Technology*. Vol. 25, pp. 97-102, June 2001.
16. Sayantan G., Kien P.T., Kadambari K.V. Classification of ECG beats using deep belief network and active learning. *Medical & Biological Engineering & Computing*. 2018
17. Alvarado A.S., Lakshminarayan C., Principe J.C. Time-Based Compression and Classification of Heartbeats. *IEEE Trans Biomed Eng* 59:1641-1648, 2012
18. Wang J., Ye Y., Pan X., Gao X. Parallel-type fractional zero-phase filtering for ECG signal denoising. *Biomed Signal Process Control* 18:36-41
19. Briko A.N., Davydov D.V., Egorov A.I., Filimonov P.V. Patent Russia RU179919U1 Imitator dlya metrologicheskoy poverki i ispytaniy elektrokardiografam [Simulator for metrological verification and testing of electrocardiographs] Date of publication: 29.05.2018.

THE TARGET DETECTION ON THE SEA SURFACE BASED ON THE MAXIMUM EIGENVALUE OF THE POLARIZATION COVARIANCE MATRIX

Pham Trong Hung

Military Technical Academia, Ph-D-student, MA, Vietnam Republic

Nguyen Tien Tai

Ph-D, Military Technical Academia Vietnam Republic

Nguyen Trung Thanh

Ph-D, Military Technical Academia Vietnam Republic

ABSTRACT

This paper proposes a novel method to detect small sea targets, using polarimetric radar. The maximum eigenvalue of the polarization covariance matrix is utilized for the detection. In order to evaluate the new algorithm in practical applications, the real data collected from polarimetric IPIX radar at MC Master University has been tested with the new algorithm, and the result is displayed on the radar screen. The results of this method is also compared with those of the DoP and SP-GLR methods. Initial results show that the novel method significantly improves the detectability of small sea targets on the sea surface.

1. Introduction

Because of the strong fluctuation and the inhomogeneous property of the sea surface, the detection of small sea targets has always been a problem with sea radar systems, even with the detection based on the Doppler effect. In this situation, polarimetric information could be a useful and important tool to improve the detectability.

Since the optimum detector was proposed by Novak 1989 [1], several polarimetric algorithms have been developed [2], [3], [4]. Most of them utilizes general likelihood ratio test [5], under the assumption that covariance matrix of the background clutter can be calculated by the training data, and this is considered as prior knowledge. Detection performance of those detectors decrease significantly in inhomogeneous and non-stationary clutter environment [6].

In order to address this problem, paper [1] proposes the use of the complex Gaussian distribution to model the inhomogeneous property of the background clutter. However, the use of this non-Gaussian distribution model increases the complexity of the optimum detection algorithm. For example, the detection statistic based on the proposal scheme in [7] works only for a special case of two polarimetric channels, and the detector in [8] does not support CFAR property.

Another approach to solve this problem is to use the degree of polarization (DoP) for the detection, as suggested in [9]. With this approach, however, the probability of detection is low and the false alarm rate is reasonably high. The authors of [10] proposed the use of the Weighted Average H (WAH) and the Weighted Average $\bar{\alpha}$ (WA $\bar{\alpha}$). The test results with real data shows this method has a high false alarm rate.

The maximum eigenvalue of the 2x2 covariance matrix of the multiple channels SAR is the informative parameter which has been widely used in the SAR applications such as Ground Moving Target Indication (GMTI) [11], polarimetric SAR [12], interferometry SAR [13], POLinSAR [14], change detection [15].

In this paper, the authors propose the detector based on the maximum eigenvalue of the polarimetric covariance matrix, in which the decision-making capability depends only on the data collected from the cell

under test (CUT) but not on the secondary data or the prior knowledge of the target and background clutter. With this property, the systems is not vulnerable to inhomogeneous and non-stationary clutter.

The remainder of this paper is organized as follows: section II reviews of the methodology needed to obtain the maximum eigenvalue of the polarization covariance matrix. Sections III proposes a test procedure to detect target on the sea surface based on the maximum eigenvalue. Experimental results of the target detection on sea surface of this method with real data is presented in section IV, and the conclusion is provided in Section V.

2. The maximum eigenvalue of the polarization covariance matrix

a. Eigenvalues and eigenvectors of polarization covariance matrix

All the elements of the m -dimensional multi-channel system can be **transformed** into m -dimensional vector. If each element follows the complex Gaussian distribution with the zero mean, the vector k is said to follow a m -dimensional multivariate Gaussian distribution with zero mean and the covariance matrix Σ and it can be represented as $k \sim N_m^C(0, \Sigma)$ [16].

For the Gaussian distribution with zero mean, the covariance matrix fully **describes the** data, playing an important role in many application fields. However, in practical situations, the real covariance matrix Σ is unknown and must be estimated by its **maximum likelihood estimator** (MLE), the sample covariance matrix $Z = (1/n) \sum_{j=1}^n k_j k_j^\dagger$, where n is the number of estimated samples and \dagger is the transpose conjugate operator.

The elements of Z follow the complex m -dimensional Wishart distribution with n **degree of freedom**, and the real covariance matrix Σ is described by $Z \sim W_m^C(n, \Sigma)$ and defined as:

$$p_z(Z) = \frac{n^{mm} |Z|^{m-m} \text{etr}(-n \Sigma^{-1} Z)}{|\Sigma|^m \tilde{\Gamma}_m(n)} \text{ where}$$

$$\tilde{\Gamma}_m(n) = \pi^{m(m-1)/2} \prod_{i=1}^m \Gamma(n-i+1) \quad (1)$$

and $\Gamma(\cdot)$ is the Gamma function and $\text{etr}(\cdot)$ is exponential trace of a matrix.

$$\Sigma = Q \begin{bmatrix} l_1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & l_m \end{bmatrix} Q^\dagger \text{ v\`a } Z = Q' \begin{bmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \lambda_m \end{bmatrix} Q'^\dagger, \quad Q = [e_1, e_2, \dots, e_m] \quad (2)$$

$$Q' = [e'_1, e'_2, \dots, e'_m]$$

with their real non-negative eigenvalues l_i and λ_i , and respective eigenvectors e_i and e'_i .

b. Statistical characteristics of the maximum eigenvalue of the covariance matrix

Assume $k \sim N_m^C(0, \Sigma)$ is the m -dimensional complex vector whose elements follow the complex Gaussian distribution with the zero mean and the $m \times m$ dimensional covariance matrix Σ . Let Σ has $l_m \leq \dots \leq l_1$ eigenvalues, then the Cumulative Density Function (CDF) of the maximum eigenvalue of the sample covariance matrix $\langle kk^\dagger \rangle_n$ with $m \leq n$ is given by:

$$F_{\lambda_{max}}(x) = S |\Psi(x)|; \text{ with } S = \frac{\pi^{m(m-1)} n^{m(2n-m+1)/2} \prod_{k=1}^{m-1} k^{m-k}}{\tilde{\Gamma}_m(m) \tilde{\Gamma}_m(n) \prod_{i=1}^m l_i^n \prod_{i < j} \left(\frac{1}{l_j} - \frac{1}{l_i} \right)}$$

where $\Psi(x)$ is the a $m \times m$ matrix with its (i, j) th element is $\Psi(x)_{i,j} = \frac{\gamma(n+1-j, x \frac{n}{l_i})}{\left(\frac{n}{l_i}\right)^{(n+1-j)}}$, and γ is the incomplete Gamma function [17].

The probability density function (PDF) of the λ_{max} of the sample covariance matrix $\langle kk^\dagger \rangle_n$ is:

$$p_{\lambda_{max}}(x) = S |\Psi(x)| \text{tr}[\Psi(x)^{-1} \Omega(x)] \text{ where } \Omega(x) \text{ is a } m \times m \text{ matrix with its } (i, j) \text{th elements}$$

$$\Omega(x)_{i,j} = \exp\left(-\frac{n}{l_i} x\right) x^{n-j}.$$

c. The eigenvalues of the polarization covariance matrix

The scattering matrix $S = \begin{bmatrix} s_{hh} & s_{hv} \\ s_{vh} & s_{vv} \end{bmatrix}$ is normally used to describe the relation between transmitting and back

scattering fields. With common monostatic radar we have $s_{hh}=s_{vv}$. The received signals were range-processed and integrated to form an estimate for the 3-dimensional Pauli scattering vectors [18] at each range bin:

$$k_i = \frac{1}{\sqrt{2}} [(s_{hh} + s_{vv}) \quad (s_{hh} - s_{vv}) \quad 2s_{hv}]^T \quad (3)$$

The 3×3 dimensional polarimetric coherency matrices can be calculated as:

$$\langle |T_3| \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i k_i^H$$

$$= \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \langle |s_{hh} + s_{vv}|^2 \rangle & \langle (s_{hh} + s_{vv})(s_{hh} - s_{vv})^* \rangle & \langle 2(s_{hh} + s_{vv})s_{hv}^* \rangle \\ \langle (s_{hh} - s_{vv})(s_{hh} + s_{vv})^* \rangle & \langle |s_{hh} - s_{vv}|^2 \rangle & \langle 2(s_{hh} + s_{vv})s_{hv}^* \rangle \\ \langle 2s_{hv}(s_{hh} + s_{vv})^* \rangle & \langle 2s_{hv}(s_{hh} - s_{vv})^* \rangle & \langle 4|s_{hv}|^2 \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} \end{bmatrix} \quad (4)$$

The eigenvalues of the T_3 matrix can be calculated from the equation:

$$T_3 - \lambda I = 0 \quad (5)$$

where I is the unitary matrix and λ is the eigenvalue of the T_3 matrix.

Equation (3) can be organized to the following equation:

$$a\lambda^3 + b\lambda^2 + c\lambda + d = 0 \quad (6)$$

where:

$$a = 1$$

$$b = -(T_{11} + T_{22} + T_{33})$$

$$c = (T_{11}T_{22} + T_{22}T_{33} + T_{33}T_{11}) - (T_{23}T_{32} + T_{21}T_{12} + T_{12}T_{31})$$

$$d = (T_{11}T_{23}T_{32} + T_{33}T_{21}T_{12} + T_{22}T_{12}T_{31}) - (T_{11}T_{22}T_{33} + T_{12}T_{23}T_{31} + T_{12}T_{21}T_{32})$$

The eigenvalues can be extracted as the roots of equation (6):

$$\lambda_k = 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cos \left[\frac{1}{3} \ar \cos \left(\frac{3q}{2p} \sqrt{-\frac{p}{3}} \right) - \frac{2\pi k}{3} \right] - \frac{b}{3a} \text{ with } k = 0, 1, 2 \quad (7)$$

$$\text{where: } p = \frac{3ac - b^2}{3a^2}; \quad q = \frac{2b^3 - 9abc + 27a^2d}{27a^3}.$$

When $k = 0$, the maximum eigenvalue is:

$$\lambda_0 = 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cos \left[\frac{1}{3} \ar \cos \left(\frac{3q}{2p} \sqrt{-\frac{p}{3}} \right) \right] - \frac{b}{3a} \quad (8)$$

From the values of λ_k , the entropy H and α can be deduced. These parameters are also utilized for the detection problems as in [18].

3. The detection test

In this section, the authors develop the detection test. The question here is to determine if a target is present within CUT or not, based on the data received. In other words, the detection **problem consists of choosing between two possible** hypotheses: hypothesis H_0 (no target presence) and hypothesis H_1 (target presence)

$$\begin{cases} H_0 : \lambda_{max} < \lambda_{ng} \\ H_1 : \lambda_{max} \geq \lambda_{ng} \end{cases} \quad (9)$$

The optimal detector utilises the likelihood ratio test [1], in that the optimal detector produces the maximum probability of detection (P_D) with the given false alarm rate (P_{FA}). In this case, however, there is no prior knowledge about the data distribution. As a result, the likelihood ratio test cannot be applied in our problem. Another method is the **general likelihood ratio test (GLRT)**, in which the unknown parameters of the data distribution are replaced by their **maximum likelihood estimated (MLE)** values in the likelihood ratio test [20].

4. The performance of the test with the experimental data

In this section, the authors use the training data taken from IPIX radar at McMaster University, Canada. The radar is located at the shore of the Atlantic Ocean, 30 m above the sea level. This is a **coherent and dual linear polarization** radar, allowing receive a **fully** polarimetric matrix within two transmitted pulses.

In this paper, data from files No54, No40 and No320 are analysed, each file contains data from 14 consecutive range cells. The small target is a spherical block of Styrofoam, wrapped with wire mesh and has one metre diameter. The target is located only in 8th cell, corresponding to the range of 2680m.

Each range cell contains 131072 samples (equivalent to 131 seconds) and 4 polarimetric channels: HH, HV, VH, VV. The parameters are shown in Table 1. The target can also be seen in cell number 7, 9 or 10. The data is collected in the condition that the sea wave is 0.7 m high.

The average target to clutter ratio varies in the range of 0-6 dB. The radar range resolution is 30 m and is sampled at every 15m. Radar works at frequency of 9.39 GHz, and the PRF of 1000 Hz. The training data is tested with the new method and the result is then compared with results of the DoP method [9]. The detection thresholds are set accordingly so that the false alarm rates in all three cases are $P_{FA} \approx 0.07$. Results are illustrated in Figure 1.

Table 1 [21].

Name	Data set No54	Data set No40	Data set No320
Day	1193.11.11	1993.11.10	1993.11.18
Time	16:36	00:16	17:42
Target location	2660 m, 128°	2660 m, 128°	2655 m, 170°
Range resolution	30 m	30 m	30 m
Wave height (m)	0.7	0.9	0.91
Wind speed	5.6 km/h	2.5 km/h	7.5 km/h
Sea state	2	2	2

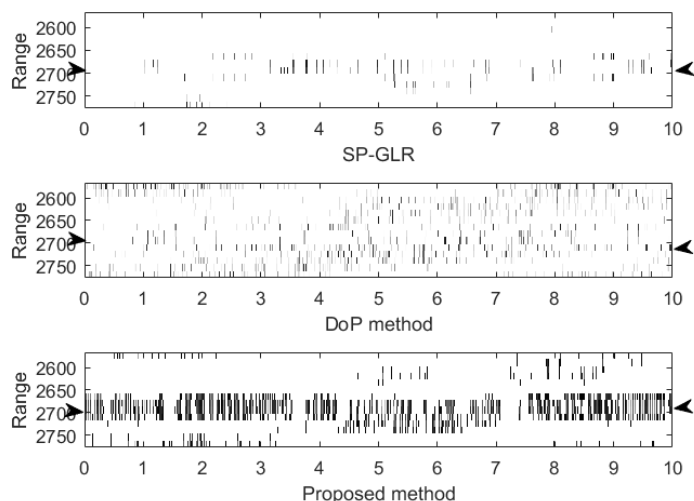


Fig 1. Radar images in the range-time plot with experimeta data from IPIX radar, No54. The dark pixels correspond to the statistics higher than the threshold. The target location with the mark '>' and '<'.

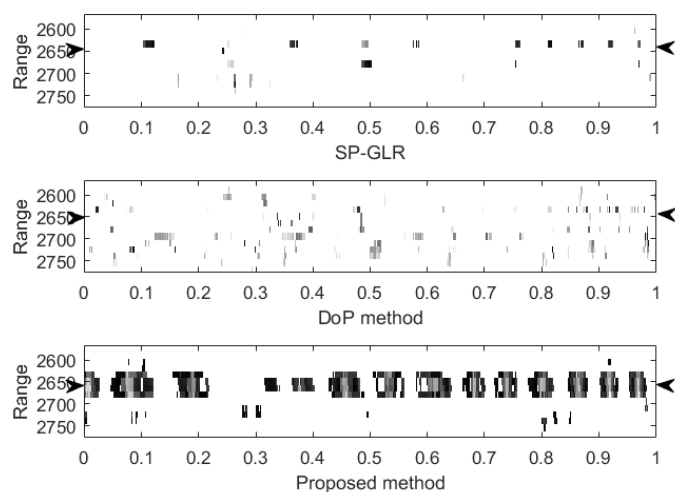


Fig 2. Radar images in the range-time plot with experimeta data from IPIX radar, No40. The dark pixels correspond to the statistics higher than the threshold. The target location with the mark '>' and '<'.

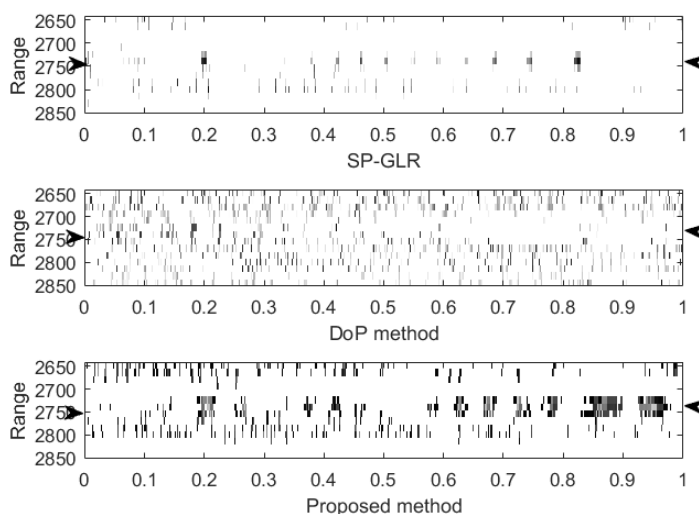


Fig 3. Radar images in the range-time plot with experimeta data from IPIX radar, No320. The dark pixels correspond to the statistics higher than the threshold. The target location with the mark '>' and '<'.

The Fig 1 shows the detection results on the sea surface with the proposed method and the others previously published polarimetric detectors in inhomogeneous environment. The dark pixels correspond with range cells which have statistics greater than the threshold. In the Fig 1, with the data file No54, Nov.11, also shows that the proposed method can detect the target with more visible than the others and the number of false alarm pixels is less than the others methods.

On the other hand, the DoP method has higher false alarm rate because of the inhomogeneous property of the sea surface. The SP-GLR method has the lower false alarm rate than that of the DoP method, however still higher than that of proposed method. Figure 2 corresponds to the data file No40, in which the wave height is higher and the wind speed is lower compared to data file No40 as shown in Table 1. The all three methods are tested in such condition and results are compared. The false alarm rate of the DoP and the SP-GLR methods are decreased, but the probabilities of the detection are also be reduced. The false alarm rate of the proposed method, on the other hand, has decreased as the DoP and SP-GLR but the probability of detection still remains high and the mark of the target is clearly visible as that of the data file N054.

In the end, the all three methods are tested with the data package No320, in which both the wave height and the wind speed are higher than those of the two previous cases. Results show that the performances of all three methods decrease. The SP-GLR and DoP methods can hardly detect the target while the proposed method can detect the the target but with higher false alarm rate.

Another approach to evaluate the performance of the three methods is using the real data to plot the P_D versus P_{FA} . This graphic is called Receiver Operating Characteristic (ROC) that means to describe the dependence of P_D on P_{FA} . The ROC here can be considered as empirical ROC because the values of P_D and P_{FA} are received from real data. Figure 4 shows the relation between P_D and P_{FA} for all three detectors.

Because the location of the target on the data is known, we can divide the graph into two areas: target and background clutter. The P_D of the data on the area which contains the target is calculated by counting number of pixels has statistical values greater than the threshold. Similarly, the P_{FA} can be calculated from data of the background clutter area. Each pair of (P_D, P_{FA}) corresponds to one point in the ROC graph. By changing the threshold, any point of the (P_D, P_{FA}) pairs are changed accordingly.

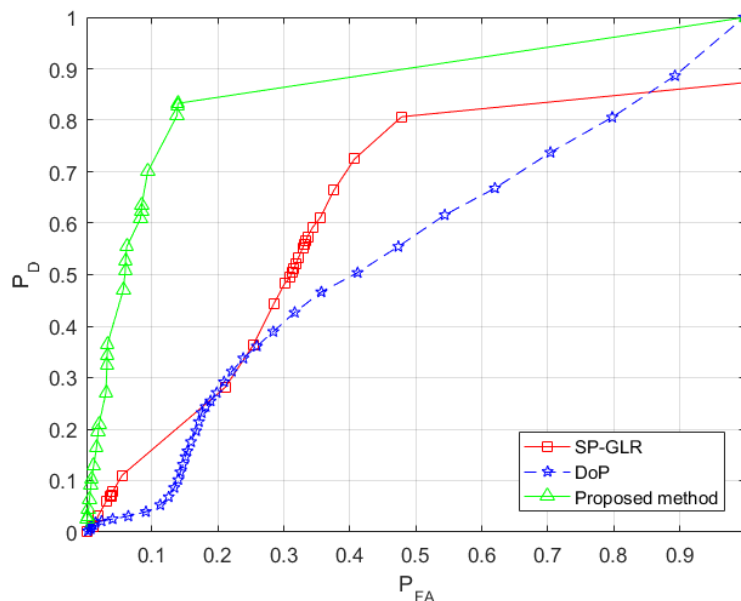


Fig 4. Empirical receiver operating characteristic curves for the IPIX radar dataset No54

Figure 4 shows that if $P_{FA} < 0.2$, the P_D of the SP-GLR method is quite low at 0.3, the same as of the DoP method. The proposed method, on the other hand, has significantly higher P_D than other 2 methods. More specifically, with $P_{FA} = 0.2$ and 0.1 , the proposed method has $P_D = 0.85$ and 0.7 , respectively. Those values can be accepted on detecting the small RCS targets in such condition described as above.

5. Conclusion

The paper proposed a new method to detect target on the sea surface based on the maximum eigenvalue of the polarimetric covariance matrix. The real data is applied to the proposed method and the results is com-

pared with the DoP and SP-GLR methods. The performance of the proposed method, the DoP and SP-GLR methods are also evaluated and compared by the empirical ROC graph. Results showed that the proposed method improved significantly the detectability of the small target on the sea surface.

References

- [1] Novak L. M. en Sechtin M. B., „Studies of target detection algorithms that use polarimetric radar data,” IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst, vol. 25, nr. 2, Mar. 1989., pp. 150-165, 1989.
- [2] Park H. R, Li J en Wang H, „Polarization-space-time domain generalized likelihood ratio

- detection of radar targets,” Signal Processing, vol. 41, p. 153—164, 1995.
- [3] Pastina D, Lombardo P en Bucciarelli T, „Adaptive polarimetric target detection with coherent radar. Part I: Detection against Gaussian background,” IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst, Vols. %1 van %237, No. 4, pp. 1194-1206, 2001.
- [4] Hurtado. M en Nehoira. A, „Polarimetric detection of target in heavy inhomogenous clutter,” IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 56, nr. 4, pp. 1349-1361, 2008.
- [5] Kelly E. J, „An adaptive detection algorithm,” IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-22, vol. 1, p. 115—127, 1986.
- [6] Park. H en Wang. H, „Adaptive polarization-space-time domain radar target detection in inhomogeneous clutter environments,” Inst. Elect. Eng. Proc. Radar Sonar Navig., vol. 153, pp. 35-43, 2006.
- [7] Lombardo. P, Pastina. D en Bucciarelli. T, „Adaptive polarimetric target detection with coherent radar. Part II: Detection against non-Gaussian background,” IEEE Trans. Aerosp. Electr. Syst, vol. 37, pp. 1207-1220, 2001.
- [8] De Maio.A en Alfano. G, „Polarimetric adaptive detection in non-Gaussian noise,” Signal Processing, vol. 83, pp. 297-306, 2003.
- [9] Bo Ren, Longfei Shi en Guoyu Wang, „Polarimetric Target Detection Using Statistic of the Degree of Polarization,” Progress In Electromagnetics Reserch M, vol. 46, pp. 143-152, 2016.
- [10] Peng Wu, Jun Wang en Wenguang Wang, „A Novel Method of Small Target Detection in Sea Clutter,” International Scholarly Research Network ISRN Signal Processing, vol. 33, nr. 4, pp. 816-822, 2011.
- [11] Nadarajah S, „Comments on Eigendecomposition of multi-channel covariance matrix with applications to SAR-GMTI,” Signal processing, vol. 87, pp. 1534-1536, 2007.
- [12] Hajnsek, L, Pottier, E en Cloude, S.R, „Inversion of surface parameters from polarimetric SAR,” IEEE Trans Geosci. Remote Sens, vol. 4, pp. 727-744, 2003.
- [13] Li, Z, Bao, Z, Li, H en Liao, G, „Image autocoregistration and InSAR interferogram estimation using joint subspace projection,” IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, vol. 44, pp. 288-297, 2006.
- [14] Erten, E, Reigber, A, Ferro-Famil, L en Hellwich, O, „A new coherent similarity measure for temporal multichannel scene characterization,” IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, vol. 50, pp. 1-13, 2011.
- [15] Zandona-Schneider, R en Fernandes, D, „Entropy Concept for Change Detection in Multitemporal SAR Images,” in In Proceeding of EUSAR, Koln, Germany, 2002.
- [16] R. Muirhead, Aspects of Multivariate Statistic Theory, New York, NY, USA: John Wiley&Sons, 1982.
- [17] L. Andrews, Special Functions of Mathematics for Engineers, New York, NY, USA: McGraw-Hill Publishing Co, 1992.
- [18] Cloude S.R en Pottier E, „An entropy based classification scheme for land applications of polarimetric SAR,” IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 35, nr. 1, pp. 68-78, 2008.
- [19] S. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory, NJ: Prentice-Hall: Englewood Cliffs, 1993.
- [20] Kay S.M, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1993.
- [21] Haykin. S, „Information on: <http://soma.ece.mcmaster.ca/ipix/dartmouth/datasets.html>”.

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА БЛЮД РУССКОЙ КУХНИ В ИНДУСТРИИ РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА

Баянов Константин Олегович

Аннотация: В последнее время наблюдается большой скачок технологий в приготовлении блюд, а также меняется понимание кулинарии в глазах гостей ресторанов. Не смотря на такой прогресс, развитие гастрономии в России, а в частности в регионах страны, находится не в лучшем состоянии. Данная ситуация складывается по ряду причин: нехватка высокопрофессионального персонала, приоритет получения прибыли, качество обслуживания. Особенно требуется уделять внимание национальной русской кухне.

Ключевые слова: кухня, репа, свекла, инновации, питание, агар-агар

Традиционная кухня это совокупность традиций и рецептов приготовления пищи, обусловленных историческими, географическими и иными условиями. Такие кухни имеют этнические, региональные и иные особенности. Но на сегодняшний день человечеству «приелось» традиционная кухня, поэтому, сначала, возникло направление в этой индустрии как высокая кухня - кухня «боль-

ших» заведений, изысканных ресторанов и роскошных отелей по всему миру. Она характеризуется тщательным приготовлением и тщательной презентацией продуктов питания, как правило, очень дорогих, и в сопровождении редких вин. Но и это не стало вершиной. Помимо внешнего вида блюда, люди стали изменять ее химический состав, что привело к возникновению молекулярной кухни. В связи с этим возник вопрос, в каком направлении стоит создавать заведение общественное питание,

либо пойти по традиционному пути и открывать заведение с традиционной кухней, либо стоит сделать упор в направлении модерна, в сторону молекулярной кухни [1].

Современная русская кухня не включает в себя омары, фуа-гра и прочие европейские блюда, она состоит в инновационном подходе к технологии приготовления из картофеля, репы, лука, свеклы, огурцов и прочих традиционных для России продуктов. Задача шеф-повара приготовить из данных продуктов оригинальное современное блюдо. Из моркови, репы, капусты можно приготовить настоящее творческое блюдо. Суть инновационной кухни состоит в изобретении и попытке раскрыть глубинный смысл продукта, его аромат и вкус в новых формах [2].

Предлагается изменить приготовление «домашней» кухни с помощью современной техники и технологии приготовления.

Если посмотреть на ингредиенты и методы их обработки не со стороны стандартной кулинарии, а с точки зрения физики и химии, можно понять, как улучшить усвояемость блюд, придать им новые

вкусовые качества, изменить свойства в лучшую сторону. [2] Точно изучив условия приготовления и влияние различных факторов на пищу, можно добиться высоких показателей качества готовых блюд. Подобными исследованиями человечество занималось всегда, но молекулярная гастрономия подходит к данному вопросу используя более строгий научный подход, благодаря чему даже не на крупных предприятиях уже распространены нестандартные способы обработки еды, наподобие технологии sous vide, использовании лиофильной сушки, жидкого азота и т.д.

Вкусную еду часто нарекают вредной. Это объясняется тем, что вкусовые качества мяса возрастают пропорционально количеству жира в нём; многие любят сладкое и fast food [3], а во многих продуктах содержатся не всегда полезные усилители вкуса. [4] Используемые в молекулярной кухне пищевые добавки не оказывают вреда для организма. [5] Вместо обычного сахара часто используются заменители в меньших концентрациях, в качестве загустителя выступает пектин; гелеобразователя – агар-агар, ксантан, гуммиарабик и т.д.

Модернистская кухня также перспективна благодаря особому подходу к термической обработке пищи. Технология приготовления в вакууме, возможно, самый полезный метод приготовления еды. Благодаря такому способу приготовления, при правильном его использовании, большинство полезных веществ не разрушаются под действием температуры и сохраняются внутри продукта. Также это положительно влияет на консистенцию блюда. Так, например, стейк, приготовленный по технологии sous vide имеет более натуральный вкус, равномерную текстуру мяса и имеет лучшую консистенцию, чем стейк степени прожарки «rare». Польза и усвояемость такого блюда также превосходят соответствующие свойства стейка, приготовленного на жарочной поверхности. [6] Такой результат достигается при точном расчёте температуры и времени приготовления.

За всю историю произошло много изменений, влияющих на мир кулинарии и трудно сказать, когда именно появилась молекулярная кухня.

Развитие кулинарии началось ещё в тот момент, как человек научился добывать огонь, но идея использовать научный подход к приготовлению пищи появилась не так давно. [7] Действительно продвинутых ресторанов модернистской кухни в России не много. Возможно, люди в нашей стране ещё не готовы к тому, что сырокопчёная колбаса может иметь приятный фруктовый привкус и подаваться в виде пены. [8] Основная масса заведений готовит блюда «по приходу», то есть в течение небольшого промежутка времени после заказа. Такие ограничения значительно уменьшают качество приготовленных блюд, так как не уделяется должное внимание многим процессам, и часто применяются полуфабрикаты. Один из главных принципов молекулярной кухни гласит, что не так важна температура приготовления, как время. Некоторые составные компоненты одного блюда могут доводиться до идеала от нескольких часов до суток, что значительно повышает качество продукта. Уровень обслуживания повышается соответственно, и поход в ресторан становится чем-то большим. Это и отличает заведения общественного питания от домашней кухни, и ресторанный сервис перейдёт на новый, более высокий уровень.

В ходе научного эксперимента были взяты исконно русские блюда: свекла со сметаной и зеленью, пареная репа, салат русский и повариха заваруха. Разработаны рецептуры блюд, технологии приготовления.

За последние годы в России все больше появляется научной литературы, которая посвящена гастрономии, в газетах и журналах появляются рубрики кулинарных критиков.

Но, тем не менее, российские повара ощущают себя настоящими первопроходцами в стране, где все знаменитые блюда можно пересчитать по пальцам. Но Россия, а в частности Москва, является наиболее восприимчивыми, нежели пересытившиеся Франция, Америка, Италия [3].

Список литературы

1. Молекулярная кухня [Электронный ресурс]: википедия – сводная энциклопедия
2. Myhrvold, N. Modernist cuisine – The art and science of cooking. Vol.4 – Ingredients and preparations / N. Myhrvold, C. Young, M. Bilet. – Белвью: The Cooking Lab, 2011. – 403 с. – ISBN: 978-0-9827610-0-7.
3. РБК Исследования рынков [Электронный ресурс]: РБК магазин исследований
4. Вредные пищевые добавки [Электронный ресурс]: тематический ресурс о пищевых добавках
5. Myhrvold, N. Modernist cuisine – The art and science of cooking. Vol.6 – Kitchen Manual / N. Myhrvold, C. Young, M. Bilet. – Белвью: The Cooking Lab, 2011. – 376 с. – ISBN: 978-0-9827610-0-7.

6. Myhrvold, N. Modernist cuisine at Home / N. Myhrvold, M. Bilet. – Белвью: The Cooking Lab, 2012. – 464 с. – ISBN: 978-0-9827610-1-4.

7. Myhrvold, N. Modernist cuisine – The art and science of cooking. Vol.1 – History and Fundamentals / N. Myhrvold, M. Bilet. – Белвью: The Cooking Lab, 2011. – 355 с. – ISBN: 978-0-9827610-0-7.

8. Myhrvold, N. Modernist cuisine – The art and science of cooking. Vol.5 – Plated-dish recipes/ N. Myhrvold, C.Young, M. Bilet. – Белвью: The Cooking Lab, 2011. – 416 с. – ISBN: 978-0-9827610-0-7.

9. Левашева Е. Практические основы кулинарного искусства / Е. Левашева. – Москва : ЭКСМО, 2014. – 528 с. - ISBN: 978-5-17 077218-6.

10. Myhrvold, N. Modernist cuisine – The art and science of cooking. Vol.2 – Techniques and Equipment / N. Myhrvold, C.Young, M. Bilet. – Белвью: The Cooking Lab, 2011. – 437 с. – ISBN: 978-0-9827610-0-7.

11. Myhrvold, N. Modernist cuisine – The art and science of cooking. Vol.3 – Animals and plants / N. Myhrvold, C.Young, M. Bilet. – Белвью: The Cooking Lab, 2011. – 401 с. – ISBN: 978-0-9827610-0-7.

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МУЛЬТИПОЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Вавилова В.С.

Аспирант, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрены выражения, позволяющие провести расчет углового распределения мультипольного излучения. Представлены кривые распределения интенсивности дипольного излучения в зависимости от полярного угла.

ABSTRACT

In this paper, we consider expressions that allow calculating the angular distribution of multipole radiation. The curves of the intensity distribution of dipole radiation depending on the polar angle are presented.

Ключевые слова: телесный угол, орбитальный угловой момент, мультиполя, ортогональность.

Keywords: solid angle, orbital angular momentum, multipole, orthogonality.

Среднее по времени значение мощности излучения в единицу телесного угла равно [1]

$$\frac{dP}{d\Omega} = \frac{c}{8\pi k^2} \left[\sum_{l,m} (-i)^{l+1} [a_E(l,m)X_{lm} \times n + a_m(l,m)X_{lm}] \right]^2. \quad (1)$$

Поляризация излучения определяется направлениями векторов, входящих под знак модуля. Угловые распределения излучения для мультиплльных моментов электрического и магнитного типов с одинаковыми (l,m) совпадают, тогда как поляризация излучения в этих случаях отличается поворотом векторов на угол 90° . Таким образом, порядок мультиполя может быть лпределен из измерений углового распределения излучаемой мощности, а характер излучения (электрический или магнитный тип) можно установить лишь на основе поляризационных измерений.

Для отдельного мультиполя порядка (l,m) выражение для углового распределения сводится к одному члену

$$\frac{dP(l,m)}{d\Omega} = \frac{c}{8\pi k^2} [a_E(l,m)]^2 [X_{lm}]^2. \quad (2)$$

Используя определение для $X_{l,m}$

$$X_{l,m}(\theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{l(l+1)}} L Y_{lm}(\theta, \varphi) \quad (3)$$

И следующие соотношения

$$\begin{aligned} L_+ Y_{lm} &= \sqrt{(l-m)(l+m+1)} Y_{l,m+1}, \\ L_- Y_{lm} &= \sqrt{(l+m)(l-m+1)} Y_{l,m-1}, \\ L_2 Y_{lm} &= m Y_{lm}. \end{aligned} \quad (4)$$

Выражение можно развернуть:

$$\frac{dP(l,m)}{d\Omega} = \frac{c|a(l,m)|^2}{8\pi k^2 l(l+1)} \left\{ \frac{1}{2}(l-m)(l-m+l)|Y_{l,m+1}|^2 + \right. \\ \left. + \frac{1}{2}(l+m)(l-m+l)|Y_{l,m-1}|^2 + m^2|Y_{lm}|^2 \right\} \quad (5)$$

простейшие угловые распределения представлены в следующей таблице.

Таблица 1. Угловые распределения мультипольного излучения

	$ X_{l,m}(\theta, \varphi) ^2$		
	$m=0$	$m=\pm 1$	$m=\pm 2$
$l=1$ (Диполь)	$\frac{3}{8\pi} \sin^2 \theta$	$\frac{3}{16\pi} (1 + \cos^2 \theta)$	
$l=2$ (Квадруполь)	$\frac{15}{8\pi} \sin^2 \theta \cos^2 \theta$	$\frac{5}{8\pi} (1 - 3\cos^2 \theta + 4\cos^4 \theta)$	$\frac{5}{16\pi} (1 - 4\cos^4 \theta)$

Дипольные распределения соответствуют диполю, осциллирующему параллельно оси z ($m=0$), или двум диполям, колеблющимся соответственно вдоль осей x и y со сдвигом фазы на 90° ($m=\pm 1$) [2]. На рисунке 1 представлены кривые распределения интенсивности дипольного излучения в зависимости от полярного угла. Приведены кривые распределения мультиполей с $l=1$.

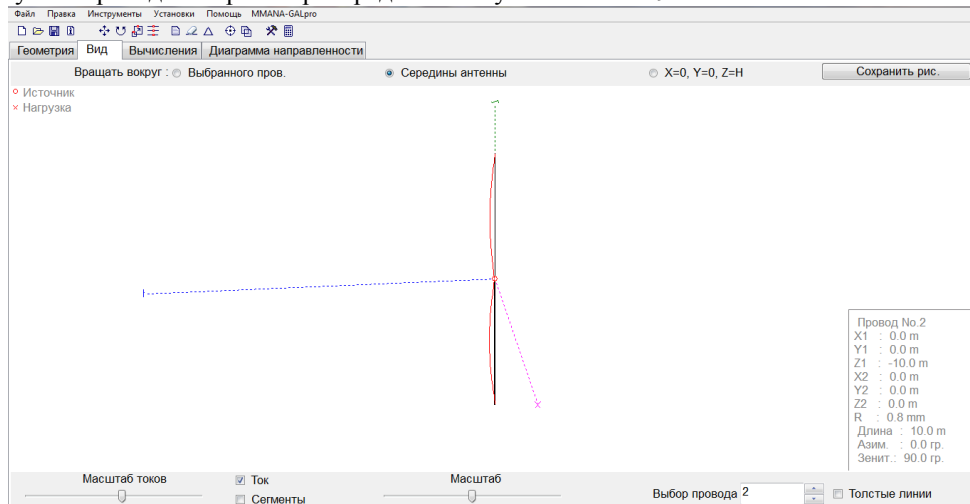


Рисунок 1. Вид диполя с $l=1$, $m=0$

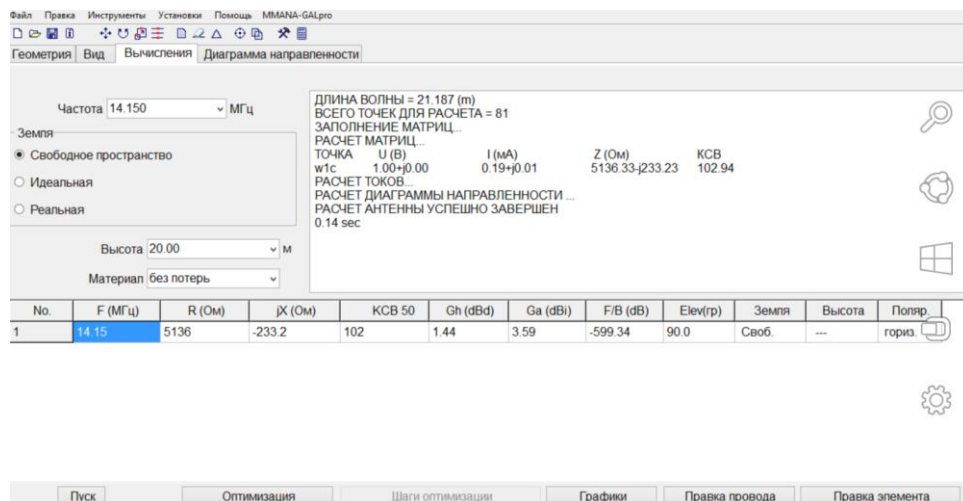


Рисунок 2. Расчет диаграммы направленности диполя с $l=1$, $m=0$

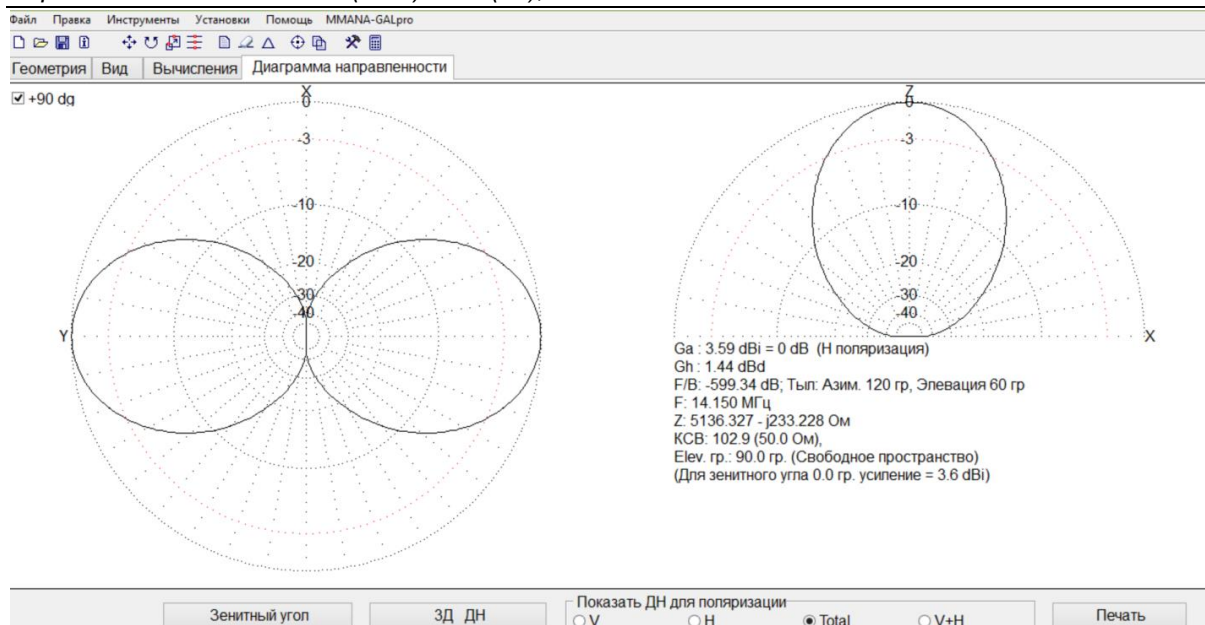


Рисунок 3. Диаграмма направленности диполя с $l=1, m=0$

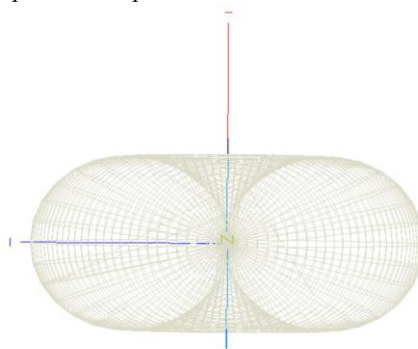


Рисунок 4. Трехмерная диаграмма направленности диполя с $l=1, m=0$

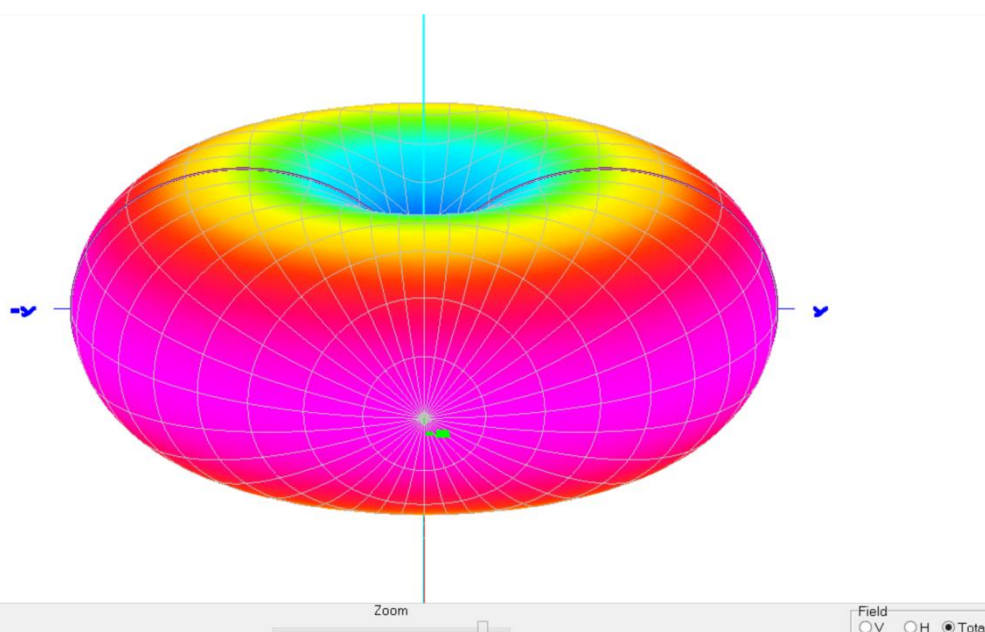


Рисунок 5. Трехмерная диаграмма распределения поля с $l=1, m=0$

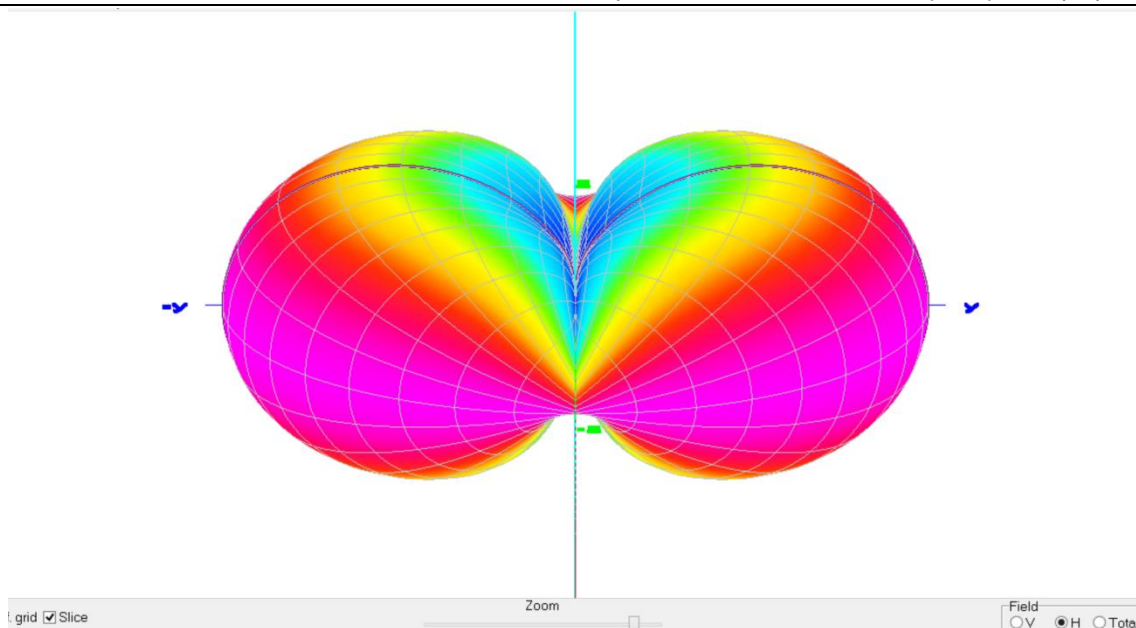


Рисунок 6. Трехмерная диаграмма распределения H-поля с $l=1$, $m=0$

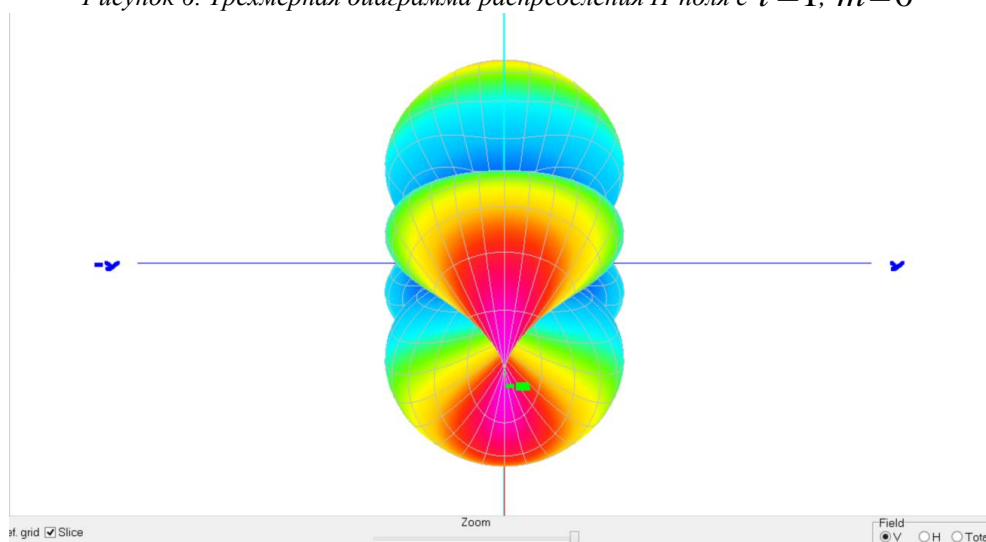


Рисунок 7. Трехмерная диаграмма распределения V-поля с $l=1$, $m=0$

Общее распределение излучения мультиполя порядка l определяется, согласно (1), когерентной суперпозицией $(2l+1)$ гармоник, соответствующих различным m .

С помощью формулы легко убедиться, что квадраты модулей векторных сферических гармоник удовлетворяют правилу сумм

$$\sum_{m=-1}^l |X_{l,m}(\theta, \varphi)|^2 = \frac{2l+1}{4\pi}, \quad (6)$$

Отсюда следует, что если источник состоит из набора мультиполей порядка l с коэффициентами $a(l,m)$, не зависящими от m , и излучение этих мультиполей складывается некогерентным образом, то угловое распределение излучения будет изотропным [3].

Приведенные выражения позволяют произвести вычисления углового распределения мультипольного излучения, которое используется при расчете многоканальных систем радиосвязи на основе мультиплексирования по орбитальному угловому моменту.

Список литературы:

1. Джексон Дж. Классическая электродинамика: учеб. Пособие. М.: Мир, 1962.- с. 591.
2. Swartzlander Jr., Ford E. L., Abdul-Malik R. S., Close L. M. Astronomical demonstration of an optical vortex coronagraph, Optics Express 16 (2008), no. 14, 10200.

3. J. Lavery M. P., Berkhout G. C. G., Courtial J., and Padgett M. J., Measurement of the light orbital angular momentum spectrum using an optical geometric transformation, J. Opt. 13 (2011), 064006.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ МУЛЬТИПОЛЬНЫХ ГАРМОНИК

Вавилова В.С.

Аспирант, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрены основные алгоритмы, позволяющие провести исследование свойств полей отдельных мультипольных гармоник. Приведенные выражения имеют практическую значимость при расчете многоканальных систем радиосвязи на основе мультиплексирования по орбитальному угловому моменту.

ABSTRACT

In this paper, we consider the basic algorithms that allow us to study the properties of the fields of individual multipole harmonics. The above expressions have practical significance in the calculation of multichannel radio communication systems based on multiplexing at the orbital angular momentum.

Ключевые слова: орбитальный угловой момент, мультиполя, ортогональность.

Keywords: orbital angular momentum, multipole, orthogonality.

Исследуем свойства полей отдельных мультипольных гармоник. В ближней зоне ($kr \ll 1$) радиальная функция $f_l(kr)$ пропорциональна функции n_l . Не рассматривая этого случая, мы заключаем, что при $kr \rightarrow 1$ магнитное поле для электрического (l, m)- мультиполя стремится к значению [1]

$$\mathbf{B}_{lm} \approx -\frac{k}{l} \mathbf{L} \frac{Y_{lm}}{r^{l+1}}, \quad (1)$$

где коэффициент пропорциональности выбран из соображений удобства последующих вычислений. Для нахождения электрического поля нужно вычислить ротор от правой части в (1). Приведем здесь полезное операторное тождество

$$i \operatorname{rot} \mathbf{L} = r \nabla^2 - \operatorname{grad} \left(1 + r \frac{\partial}{\partial r} \right). \quad (2)$$

Напряженность электрического поля имеет предельное значение

$$\mathbf{E}_{lm} \approx -\frac{i}{l} \operatorname{rot} \mathbf{L} \left(\frac{Y_{lm}}{r^{l+1}} \right). \quad (3)$$

Так как функция Y_{lm}/r^{l+1} удовлетворяет уравнению Лапласа, то первое слагаемое в (2) равно нулю. Второй член в (2) эквивалентен в данном случае оператору $l \operatorname{grad}$. В результате получаем следующее выражение для напряженности электрического поля (l, m)- мультиполя электрического типа на близких расстояниях:

$$\mathbf{E}_{lm} \approx -\operatorname{grad} \left(\frac{Y_{lm}}{r^{l+1}} \right). \quad (4)$$

Величина вектора магнитного поля \mathbf{B}_{lm} меньше величины электрического поля в kr раз. Следовательно, в ближней зоне магнитное поле мультиполя электрического типа всегда гораздо меньше электрического поля. Для мультипольных полей магнитного типа, очевидно, векторы \mathbf{E} и \mathbf{B} меняются ролями в соответствии с подстановкой

$$\mathbf{E}_E \rightarrow -\mathbf{B}_M, \mathbf{B}_E \rightarrow \mathbf{E}_M. \quad (5)$$

В дальней, или волновой, зоне ($kr > 1$) вид полей мультиполей зависит от наложенных граничных условий. Для определенности рассмотрим случай расходящихся волн, соответствующий излучению ограниченного источника. При этом радиальная функция $f_l(kr)$ пропорциональна сферической функции Ханкеля $h_l^{(1)}(kr)$. Из асимптотических выражений следует, что в волновой зоне магнитное поле электрического (l, m)- мультиполя принимает значение

$$\mathbf{B}_{lm} \approx (-1)^{l+1} \frac{e^{ikr}}{kr} \mathbf{L} Y_{lm}. \quad (6)$$

Электрическое поле можно представить в виде

$$\mathbf{E}_{lm} = \frac{(-i)^l}{k^2} \left[\operatorname{grad} \left(\frac{e^{ikr}}{r} \right) \times \mathbf{L} Y_{lm} + \frac{e^{ikr}}{r} \operatorname{rot} \mathbf{L} Y_{lm} \right]. \quad (7)$$

Так как мы уже воспользовались асимптотическими выражениями для сферических функций Ханкеля, было бы неоправданным удерживать степени $1/r$ выше первой. Учитывая это и используя тождество (2), получаем

$$\mathbf{E}_{lm} = -(-i)^{l+1} \frac{e^{ikr}}{kr} \left[n \times \mathbf{L} Y_{lm} - \frac{1}{k} (r \nabla^2 - \operatorname{grad}) Y_{lm} \right], \quad (8)$$

где $\mathbf{n} = \mathbf{r}/r$ — единичный вектор, направленный вдоль радиуса. Второй член, равный произведению некоторой безразмерной функции углов на $1/kr$ очевидно, может быть опущен в предельном случае

$kr > 1$. В результате для вектора напряженности электрического поля в волновой зоне получаем

$$\mathbf{E}_{lm} = \mathbf{B}_{lm} \times \mathbf{n}, \quad (9)$$

где вектор \mathbf{B}_{lm} дается соотношением (6). Эти выражения характерны для поля излучения, векторы которого нормальны радиусу и убывают с расстоянием по закону $1/r$. Для установления соответствующих соотношений для магнитных мультиполей достаточно воспользоваться подстановкой (5).

Мультипольным разложением поля, создаваемого источником излучения, удобно пользоваться для вычисления энергии и момента количества движения, уносимых излучением [2]. Для определенности рассмотрим (l, m) -мультиполь электрического типа. Поля записываются в виде

$$\mathbf{B} = a_E(l, m) h_l^{(1)}(kr) \mathbf{X}_{lm} e^{-i\omega t},$$

$$\mathbf{E}_{lm} = \frac{i}{k} \text{rot} \mathbf{B}_{lm}. \quad (10)$$

Для монохроматических полей среднее по времени значение плотности энергии равно

$$u = \frac{1}{16\pi} (\mathbf{E} \cdot \mathbf{E}^* + \mathbf{B} \cdot \mathbf{B}^*). \quad (11)$$

В волновой зоне оба слагаемых равны между собой. Следовательно, в сферическом слое между r и $r+dr$ (при $kr > 1$) заключена энергия

$$dU = \frac{|a_E(l, m)|^2}{8\pi} |h_l^{(1)}(kr)|^2 r^2 dr \int \mathbf{X}_{lm}^* \cdot \mathbf{X}_{lm} d\Omega. \quad (12)$$

Используя условие нормировки и асимптотические выражения для сферической функции Ханкеля, найдем

$$\frac{dU}{dr} = \frac{|a_E(l, m)|^2}{8\pi k^2}, \quad (13)$$

величина dU/dr не зависит от радиуса. Случай (l, m) -мультиполя магнитного типа отличается лишь заменой $a_E(l, m)$ на $a_M(l, m)$.

Среднее по времени значение плотности момента количества движения определяется выражением

$$m = \frac{1}{8\pi c} \text{Re} \left[\mathbf{r} \times (\mathbf{E} + \mathbf{B}^*) \right]. \quad (14)$$

Раскрывая тройное векторное произведение и подставляя выражение (10) для электрического поля, получаем для мультиполя электрического типа

$$m = \frac{1}{8\pi\omega} \text{Re} \left[\mathbf{B} \times (\mathbf{L} + \mathbf{B}) \right]. \quad (15)$$

Для момента количества движения излучения в сферическом слое между r и $r+dr$ получаем

$$dM = \frac{|a_E(l, m)|^2}{8\pi\omega} |h_l^{(1)}(kr)|^2 r^2 dr \int \text{Re} \left[\mathbf{X}_{lm}^* (\mathbf{L} \cdot \mathbf{X}_{lm}) \right] d\Omega. \quad (16)$$

В волновой зоне (16) с учетом явных выражений для \mathbf{X}_{lm} приводится к виду

$$\frac{dM}{dr} = \frac{|a_E(l, m)|^2}{8\pi\omega k^2} \int \text{Re} \left[\mathbf{Y}_{lm}^* \mathbf{L} \cdot \mathbf{Y}_{lm} \right] d\Omega. \quad (17)$$

Используя соотношения для составляющих $\mathbf{L} \cdot \mathbf{Y}_{lm}$ и ортогональность сферических гармоник, можно убедиться, что отлична от нуля лишь составляющая dM в направлении z , причем

$$\frac{dM_z}{dr} = \frac{m}{\omega} \frac{|a_E(l, m)|^2}{8\pi k^2}. \quad (18)$$

Сравнивая этот результат с величиной энергии излучения (13), получаем, что отношение z -составляющей момента количества движения к энергии равно

$$\frac{dM_z}{U} = \frac{m}{\omega} = \frac{m\hbar}{\hbar\omega}. \quad (19)$$

Очевидная квантовая интерпретация этого соотношения состоит в том, что излучаемый (l, m) -мультиполем фотон с энергией $\hbar\omega$ уносит $m\hbar$ единиц z -составляющей момента количества движения. Продолжая квантовомеханическую аналогию, следует ожидать, что отношение абсолютного значения момента количества движения к энергии должно быть равно

$$\frac{M_{кв}}{U} = \frac{(M_x^2 + M_y^2 + M_z^2)^{1/2} m}{U \omega} = \frac{\sqrt{l(l+1)}}{\omega}. \quad (20)$$

Однако из соотношений (17) и (18) следует классический результат

$$\frac{M_{кл}}{U} = \frac{|M_z|}{U} = \frac{|m|}{\omega}. \quad (21)$$

Это расхождение обусловлено квантовой природой электромагнитного поля отдельного фотона. Если z -составляющая момента количества движения точно определена, то, согласно принципу неопределенности, точные значения остальных составляющих неизвестны, а среднееквадратичное значение момента количества движения выражается формулой (20). Если же поле излучения содержит большое число фотонов (классический предел), то среднееквадратичные значения поперечных составляющих момента количества движения могут быть сколь угодно малыми по сравнению со среднееквадратичным значением составляющей вдоль оси z . В этом случае справедлив классический результат (21).

В квантовомеханической интерпретации величины излученного момента количества движения, приходящейся на один фотон в мультипольных полях, используются правила отбора для мультипольных переходов между квантовыми состояниями. Мультипольный переход порядка (l, m) связывает начальное квантовое состояние, характеризуемое полным моментом количества движения J' и z -составляющей момента M , с конечным квантовым состоянием, для которого J' лежит в диапазоне

$|J-l| \leq J' \leq J+l$ и $M' = M - m$. Наоборот, для двух состояний (J, M) и (J', M') возможны лишь такие мультипольные переходы порядка (l, m) , при которых $|J - J'| \leq l \leq (J + J')$ и $m = M - M'$.

Для завершения квантовомеханического описания мультипольного перехода остается установить, сохраняется или изменяется при переходе четность состояния. Четность начального состояния равна произведению четности конечного состояния на четность поля мультиполя. Для определения четности поля мультиполя достаточно рассмотреть поведение вектора магнитного поля B_{lm} при преобразовании инверсии относительно центра $(r \rightarrow -r)$. Чтобы убедиться, что четность поля мультиполя определяется вектором B_{lm} , напомним, что взаимодействие заряженной частицы и электромагнитного поля определяется скалярным произведением $(v \cdot A)$. Вектор A_{lm} обладает четностью, противоположной четности вектора B_{lm} , так как применение оператора ротора изменяет четность [3]. Поэтому, поскольку v — нечетный полярный вектор, состояния, связанные оператором взаимодействия $(v \cdot A)$, будут отличаться по четности на четность вектора магнитной индукции B_{lm} .

Для мультиполей электрического типа магнитное поле дается выражением (10). Преобразование инверсии $(r \rightarrow -r)$ эквивалентно замене $(r \rightarrow r, \theta \rightarrow \pi - \theta, \varphi \rightarrow \varphi - \pi)$ в сферических координатах. Оператор L инвариантен относительно преобразования инверсии. Следовательно, свойства четности B_{lm} , для мультиполей электрического типа определяются поведением функции $Y_{lm}(\theta, \varphi)$. Четность Y_{lm} равна $(-1)^l$. Таким образом, четность мультипольных полей электрического типа порядка (l, m) равна $(-1)^l$. В частности, четность вектора магнитного поля B_{lm} равна $(-1)^l$,

а четность электрического поля E_{lm} равна $(-1)^{l+1}$, так как $E_{lm} \sim \text{rot} B_{lm}$.

Четность мультиполя магнитного типа порядка (l, m) равна $(-1)^{l+1}$. В этом случае напряженность электрического поля E_{lm} выражается так же, как B_{lm} для электрических мультиполей. Следовательно, четности полей мультиполей в данном случае противоположны четностям соответствующих мультипольных полей электрического типа того же порядка.

Связав изменения четности с изменениями момента количества движения при квантовом переходе, мы видим, что могут осуществляться лишь определенные комбинации мультипольных переходов. Так, например, для состояний с $J=1/2$ $J'=3/2$ разрешены мультипольные переходы порядка $l=1, 2$. Если четность обоих состояний одинакова, то условие сохранения четности ограничивает возможности перехода, так что оказываются возможными лишь магнитные дипольные переходы и электрические квадрупольные переходы. Для состояний с различной четностью могут иметь место электрические дипольные или магнитные квадрупольные переходы с излучением или поглощением.

Приведенные выражения, отражающие свойства полей мультиполей включая энергию и момент количества движения, имеют практическую значимость при расчете многоканальных систем радиосвязи на основе мультиплексирования по орбитальному угловому моменту.

Список литературы:

1. Джексон Дж. Классическая электродинамика: учеб. Пособие. М.: Мир, 1962.- с. 591.
2. Nguyen D. K., Pascal O., Sokoloff J., Discussion about the link budget for electromagnetic wave with orbital angular momentum, in Antennas and Propagation (EuCAP), 2014 8th European Conference on, pp. 1311–1315.
3. Ghai D. P., Senthilkumaran P., and. Sirohi R. S, Single-slit diffraction of an optical beam with phase singularity, Optics and Lasers in Engineering 47 (2009), no. 1, 123.

УДК 69.04

ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Волков Александр Игоревич,
студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: alexanderlumar@gmail.com

Volkov Alexander Igorevich,
student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: alexanderlumar@gmail.com

В данной статье рассмотрены основные проблемы долговечности железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях крайнего Севера. Проанализированы проблемы, связанные с вероятностными методами расчета строительных конструкций на долговечность, а также проблемы механики разрушения бетона при многократных циклах замораживания-оттаивания. Рассмотрено определение долговечности и факторы, которые необходимо учитывать во время проектирования строительного объекта. Определены параметры климатических воздействий на бетон – температура, влажность воздуха и число переходов через 0° . Рассмотрена характеристика бетона – морозостойкость и ее влияние на деструкцию бетона, степень воздействия коэффициента температурного расширения на структуру бетона.

Ключевые слова: долговечность, морозостойкость, замораживание-оттаивание, климатические воздействия, механика разрушения.

В настоящее время, в связи с политическими, экономическими и социальными вопросами Российской Федерации, все существеннее ставится вопрос об освоении территорий, где преобладает вечная мерзлота. Область распространения многолетней мерзлоты в России составляет 11 млн км², что составляет около 65% территории страны [1]. В связи с этим, актуальным становится вопрос о проектировании и строительстве долговечных конструкций, которые будут эксплуатироваться в составе здания в суровых условиях знакопеременных и низких температур.

Долговечность, в соответствии с [2], – это способность строительного объекта сохранять физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы при надлежащем техническом обслуживании.

Согласно [1] во время проектирования строительного объекта для обеспечения долговечности необходимо учитывать:

- 1) условия и характер эксплуатации здания или сооружения
- 2) действительное влияние окружающей среды
- 3) свойства строительных материалов, способы и средства их защиты от воздействия среды, а также возможность деградации их свойств

Одна из проблем долговечности железобетонных конструкций заключается в вероятностном воздействии силовых и несиловых факторов, их взаимосвязи и комплексном воздействии; изменчивости технических характеристик материалов и

конструкций; временности, то есть изменения характера воздействия среды и поведения материала во времени.

Следовательно, теоретической базой и методологической основой для определения долговечности строительных конструкций и прогнозирования их надёжности является теория вероятности. Специфика строительных конструкций, определяемая длительными сроками службы, размером зданий и сооружений, такова, что одновременно в здании или сооружении может существовать множество сценариев отказа. Каждый из таких отказов имеет свою вероятность. Исходя из этого, прогнозирование надёжности и долговечности строительных конструкций является очень сложной задачей. Методы оценки долговечности и надёжности железобетонных конструкций основаны на использовании расчётных моделей, отражающих процесс деформирования конструкций с учётом появления и развития повреждений.

В условиях ограниченности статистической информации, большого объёма и сложности расчётов особую значимость приобретает компьютерное моделирование деградационных процессов, развивающихся в железобетоне. Исходя из специфики объекта исследования, в настоящее время и в обозримом будущем математическое моделирование является основным средством оценки срока службы строительных конструкций, зданий и сооружений.

Основываясь на испытаниях лабораторных образцов и натурных обследованиях реальных конструкций, математическое моделирование позволяет прогнозировать изменение физико-механических характеристик железобетона и изменение

качества железобетонных конструкций в результате воздействия внешней среды.

Второй вопрос, связанный с долговечностью в условиях Севера – это параметры климатических воздействий на бетон: температура, влажность воздуха и число переходов через 0°C. Климатические воздействия разрыхляют структуру поверхностных слоев бетона, приводят к образованию микротрещин, которые соединяясь друг с другом, образуют сквозную пористую систему, облегчая доступ последующим воздействиям ионов хлора или углекислого газа. Замораживание и последующее оттаивание бетона вследствие воздействия знакопеременных температур приводит к снижению его прочности и изменению других свойств в результате повреждений структуры и микротрещинообразования. Уровень деградации существенно определяется степенью водонасыщения бетона и циклической повторяемостью процесса. Способность бетона противостоять действию низких и знакопеременных температур определяется его морозостойкостью.

Морозостойкость – одно из основных свойств бетона, предопределяющее его долговечность при эксплуатации в естественных условиях холодного климата [4].

Исходя из вышесказанного, вторая проблема – это проблема обеспечения требуемой морозостойкости или срока службы бетонных и железобетонных элементов при ЦЗО, которая остается актуальной как в теоретическом, так и в практическом плане.

Объединить в единую теорию долговечности бетона и железобетона при ЦЗО гигантский объем сведений по натурным (лабораторным) испытаниям на морозостойкость и результаты исследований структуры (текстуры) бетона способна теория трещин или механика разрушения бетона. Произведена количественная оценка вклада различных механизмов деструкции (общее кристаллизационное давление льда, гидростатическое давление воды, давление дополнительного кристаллообразования, гидравлическое давление и т.д.) в общий процесс разрушения при ЦЗО.

Коэффициенты температурного расширения цементного камня и заполнителя могут весьма различаться, что напрямую зависит от влажности самого цементного камня и от типа выбранного заполнителя. Также необходимо учитывать разность этого же коэффициента температурного расширения между такими компонентами как цементный

камень и лед. Расчеты показывают, что уже при разности температур 15K эти различия приводят к напряжениям растяжения, сопоставимым с напряжениями растяжения в бетоне [5,6].

Исходя из вышеизложенного, четко можно определить насколько актуален этот вопрос в настоящее время. Современные строительные нормы и правила не дают ответа на вопрос, с какой степенью вероятности назначаются относительные деформации бетона. При работе железобетонных конструкций в нормальных условиях это не имеет существенного значения. Но при рассмотрении конструкций, находящихся в агрессивных условиях Севера (низкой температуры и постоянных циклов замораживания – оттаивания), вопрос о назначении предельного процента армирования очень существенен. Стоит отметить, что строительные нормы также не учитывают, что будет происходить с железобетонными конструкциями после многократных ЦЗО и последующей заморозки. В зимний период времени каких-либо прогрессивных разрушений вероятно наблюдаться не будет, но процессы, происходящие в бетоне в летний период, остаются под вопросом. Рассматривая проникающую изоляцию (пенетрон), возникает вопрос о качественном ее действии на бетон, на сколько она восстанавливает прочность бетона и как будет работать материал конструкций в дальнейшем.

В этой работе научную новизну я вижу в разработке принципов нормирования деформаций бетона, предложения по нормированию прочности и деформаций, назначение коэффициента предельного армирования при многократных циклах ЦЗО.

Литература:

1) Зона вечной мерзлоты на карте URL: <http://nenavigator.ru/mnogoletnyaya-merzlota-rossii/> (дата обращения 11.03.2018)

2) ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований»

4) Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений» издательство АСВ Москва 2004. 424с.

5) Ахвердов И.Н. Основы физики бетона // М.: Стройиздат. 1981. 465с.

6) Гипотеза о морозной деструкции и механика разрушения бетона URL https://studref.com/340087/stroitelstvo/gipotезy_moroznoy_destruktsii_mehanika_razrusheniya_betona (дата обращения 11.03.2018).

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОГЛАЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА НА ОСНОВЕ В4С ПРИ ВВЕДЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Еремеева Ж.В., Лопатин В.Ю., Панов В.С., Мыкишева Л.В., Лизунов А.И.
НИТУ МИСис, ПАО МСЗ

STUDYING OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE ABSORBING ELEMENTS OF THE NUCLEAR REACTOR ON THE BASIS OF B4C AT INTRODUCTION OF VARIOUS NANOMODIFYING ADDITIVES

Eremeeva Zh.V., Lopatin V.Yu., Panov V.S., Myakisheva L.V., Lizunov A.I.
NITU MISIS, PJSC MTSZ

Аннотация

В работе рассмотрено влияния наномодификаторов на структуру и свойства ПЭЛов из карбида бора полученного различными методами при прессовании, спекании и горячем прессовании. В ходе работы были проведены исследования влияния наномодификаторов ZrO_2 и Sm_2O_3 на формуемость порошков карбида бора полученных различными методами, также изучено их влияние на структуру и свойства ПЭЛов из карбида бора. Проведены металлографические и рентгеноспектральные исследования, определены механические и эксплуатационные свойства изделий из порошков карбида бора. Установлено, что наибольшая относительная плотность и наименьший размер зерна был зафиксирован при введении при введении nano-ZrO₂.

Работа выполнена в рамках РФФИ 17-08-00204

Ключевые слова: карбид бора, наномодификаторы, смешивание, прессование, спекание, спекание, структура, свойства

Abstract

In work it is considered influences of nanomodifiers on structure and properties absorbing elements of a nuclear reactor from carbide of the pine forest received by various methods during the pressing, agglomeration and hot pressing. During work researches of influence of ZrO_2 and Sm_2O_3 nanomodifiers on molding capacity of the powders of carbide of a pine forest received by various methods have been conducted their influence on structure and properties absorbing elements of a nuclear reactor from pine forest carbide is also studied. Metalgraphic and X-ray spectral researches are conducted, mechanical and operational properties of products from pine forest carbide powders are defined. It is established that the greatest relative density and the smallest size of grain has been recorded at introduction at introduction nano-ZrO₂. Experiments on hot pressing absorbing elements of a nuclear reactor from powder of carbide of the pine forest received by various methods at introduction to initial furnace charge of nanomodifiers are made.

Work is performed within the Russian Federal Property Fund 17-08-00204

Keywords: pine forest carbide, nanomodifiers, mixing, pressing, agglomeration, agglomeration, hot pressing, structure, properties

ВВЕДЕНИЕ

Разработка конструкционных материалов и особенно поглощающий элементов (ПЭЛ) ядерного реактора базируется на анализе его условий работы, а также обобщении современных достижений науки в этой области материаловедения. В стержнях СУЗ ядерных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах наиболее широко используется карбид бора. Это обусловлено его высокой эффективностью поглощения нейтронов в широком спектре энергий, низкой скоростью выгорания поглощающих изотопов в процессе эксплуатации в реакторе, высокой стойкостью к радиационным повреждениям, стабильностью объема, как при рабочих температурах эксплуатации, так и при перегревах, коррозионной стойкостью, высокой температурой плавления (2240° С) [1- 2].

В настоящее время к данному классу материалов предъявляются повышенные требования по плотности и большому поперечному сечению захвата тепловых нейтронов.

Научный и практический интерес представляет применение наноматериалов для модифицирования структуры металлов и их сплавов с целью получения более высоких физико-механических свойств изделий, в том числе материалов, применяемых в ядерной технике.

Нанодисперсные добавки даже в небольших количествах эффективно активируют процессы консолидации, способствуют формированию более совершенной микроструктуры, и в конечном итоге повышают свойства керамики. Различное воздействие на характеристики спечённых композитов оказывают наночастицы в зависимости от своего расположения (на границах зёрен или внутри зёрен). Наибольший эффект упрочнения связан с обеспечением низкой агрегации наночастиц, т.е. с образованием небольших кластеров, равномерно распределенных по объёму матрицы [3 - 5].

Анализ литературы указывает на использование нанодобавок как ресурс формирования структур с повышенными механическими свойствами,

что является также актуальным при эксплуатации ПЭЛов [6,7].

Целью данной работы является изучение влияния модифицирующих добавок в виде наноксидов циркония и самария на структуру и свойства поглощающих элементов ядерного реактора.

Материалы и методики исследований

В качестве исходных материалов были использованы порошки:

- карбида бора производства Донецкого завода химических реактивов, полученный восстановлением углеродом с последующим дроблением и измельчением со средним размером частиц 150-250 мкм (рисунок 1);

- В качестве легирующих добавок использовали нанопорошки оксидов циркония (ZrO_2) и самария (Sm_2O_3).

На операции смешивания и формовании использовался пластификатор – декстрин ГОСТ 6034-74.

Электронно-микроскопические изображения (СЭМ - анализ) получали с помощью аналитического электронного микроскопа JEM-2100.

Определение гранулометрического состава проводили с помощью анализатора частиц Samsizer XT.

Определение насыпной плотности проводили по ГОСТ 19440-94.

Определение текучести порошковой смеси проводили по ГОСТ 20899-75.

Удельную поверхность порошков Суд измеряли на установке NOVA 1200 (Quantachrome instruments, США). Измерение проводили методом БЭТ по низкотемпературной адсорбции азота. Диапазон измеряемых площадей составляет: 0,01 – свыше 2000 м²/г.

Микроструктурный анализ и последующее фотографирование проводилось на оптических металлографических микроскопах UNIVAR фирмы "REICHERT" (Австрия) и NEOPHOT-21 фирмы "CARL ZEISS JENA" (ГДР) при увеличениях в диапазоне 25-1000.

Микроструктурные исследования проводили на РЭМ фирмы "Hitachi" модель: S-3400N.

Количественный рентгеноструктурный фазовый анализ (РФА) проводили на установке ДРОН-7 (Россия), с использованием $CuK\alpha$ излучения с длиной волны 1.54178 Å при углах $2\theta = 10-110^\circ$ с шагом 0,10.

Предел прочности (σ_b , МПа) на сжатие определяли согласно ГОСТ 25.503-97 на образцах со следующими геометрическими параметрами: диаметр (D) 20 мм, высота (H) 110 мм на универсальной испытательной машине марки Roell Z020 фирмы Zwick на предприятии ПАО «МСЗ» в автоматическом режиме с помощью персонального компьютера IBM PX. Максимальная нагрузка машины – 5 т (152МПа), точность – 0,5 % от нагрузки.

Твердость образцов определяли по Роквеллу в соответствии с ГОСТ 9013-59. В качестве индентора использовалась алмазная пирамидка с углом 120 о.

Общую пористость спеченных заготовок определяли по ГОСТ 18898-89 путем измерения массы спеченной заготовки на воздухе и после закрытия поверхностных пор тонким слоем медицинского вазелина (ГОСТ 3582-84) с последующим определением их объема и плотности.

Плотность готовых образцов после спекания определяли методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 25281-82 на аналитических весах фирмы AND (Япония) модель AD - 1653.

Измельчение карбида бора, полученного восстановлением углеродом,

проводили до получения основной фракции 8 – 10 мкм в мельнице MB-01 с соотношением материала и мялящих тел 1:10 в течение 3 часов.

Смешивание наномодификаторов с карбидом бора проводили на ультразвуковой установке в течение 30 минут в этиловом спирте в соотношении 3:1, а также в смесителе Турбула в режиме сухого смешивания в течение 60 минут.

Смешение подготовленного пластификатора с измельченным карбидом бора производили в смесителе Dr. Fritsch в течение 60 минут.

Для придания полученному материалу текучести проводили его грануляцию на грануляторе Dr. Fritsch GA 180 с сеткой со стороной ячейки 1,7мм. Сушку гранулированного материала проводили до величины влажности 1,8 – 3%, при которой порошок имеет хорошую текучесть. После достижения выше указанного параметра, гранулированный материал направляли на операцию прессования.

Прессование образцов ПЭЛов из карбида бора производили на гидравлическом прессе Dr. Fritsch KPV 25 в стальных прессформах с твердосплавными вставками. Масса навески с учетом диаметра пресс-формы, аддитивной плотности смеси и отношения $H:D=0,5$, составляла 1,4 грамма. Схема прессования двухсторонняя. Приложение нагрузки при осевом давлении варьировалось от 100-900 МПа с шагом 100 МПа.

Уплотняемость порошковых смесей определял в соответствии с ГОСТ 25280-90. Плотность спрессованных порошковых брикетов («таблеток») определяли, исходя из их геометрических размеров, массы и аддитивной плотности используемых смесей.

Спекание заготовок ПЭЛов из карбида бора проводили в вакуумной электропечи Gero 80 производства фирмы Nabertherm (Германия) с графитовыми нагревателями при температуре изотермической выдержки 2050 оС в течение 60 минут. Печь снабжена системами водяного охлаждения и подачи аргона для спекания в инертной атмосфере для предотвращения окисления изделий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

СЭМ – изображения порошков карбида бора, полученных восстановлением углеродом с последующим размолотом и измельчением 1.

Порошок карбида бора производства Донецкого завода химических реактивов, полученный

восстановлением углеродом с последующим дроблением и измельчением (рис. 1,а), состоит из неравноосных частиц неправильной формы, средний размер которых варьируется в пределах 150-250 мкм.

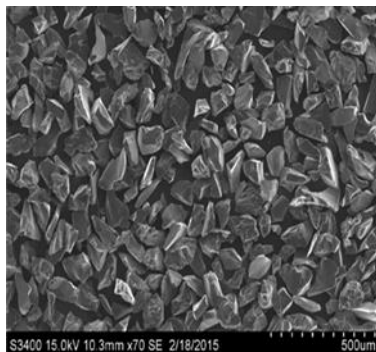


Рисунок 1 - СЭМ-изображение частиц порошка B_4C , полученного восстановлением углеродом с последующим дроблением и измельчением

Таблица 2 - Свойства порошков карбида бора, полученных восстановлением углеродом и механосинтезом.

Материал	Текучесть, с	Насыпная плотность, г/см ³	Уд. Поверхность, м ² /г	Ср. размер агломератов, мкм	Размер частиц, мкм
B_4C , восстановл. углеродом	102	1,64	0,6 – 0,8	-	100 - 150

На рисунке 7 (а,б) и в таблице 3 представлены СЭМ – изображения и основные характеристики легирующих добавок в виде нанопорошков оксидов циркония и самария.

Как видно (рис. 7,а), нанопорошки оксида циркония имеют правильную округлую форму, а оксида самария представляют собой индивидуальные частицы овализованной формы (рис. 7,б).

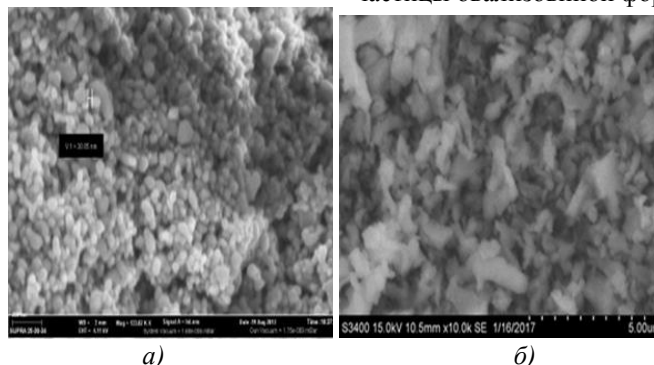


Рисунок 7 (а, б) – СЭМ- изображение частиц порошков оксидов циркония (а) и самария(б)

Таблица 3 – Характеристики нанопорошков ZrO_2 и Sm_2O_3

Характеристика порошков	Порошки оксидов	
	ZrO_2	Sm_2O_3
Размер частиц, нм	40 - 65	60 - 70
Удельная поверхность, м ² /г	16 - 25	18 - 22
Содержание основного компонента	99,5	99,9
Цвет	белый	белый
Морфология	специальная	равноосная

Операция смешивания порошка B_4C с вышеуказанными легирующими добавками производилась поэтапно, поскольку содержание нанодисперсных добавок мало, а при введении их в основной объем материала добиться равномерного усреднения было бы невозможно. Для достижения гомогенного состава, смешивание нанопорошков производилось в спирте с некоторым количеством

B_4C два раза по 15 минут. Затем полученную смесь добавляли в основную массу материала и проводили окончательное смешивание в спирте в смесителе Турбула в течение 2 часов.

В таблице 4 представлены свойства порошков B_4C , полученного восстановлением углеродом, с наноразмерными добавками.

Таблица 4 – Свойства порошковых смесей В₄С с наномодификаторами

Метод получения карбида бора	Текущность, сек	Насыпная плотность, г/см ³	Размер частиц, мкм
Восстановленный углеродом	102	1,65	100,0 - 150,0
Восстановленный углеродом с нано-ZrO ₂	110	1,67	100,0
Восстановленный углеродом с нано-Sm ₂ O ₃	115	1,68	100,0

Из представленных в таблице 4 данных видно, что при введении наномодификаторов несколько возросли текущность порошковой смеси В₄С и насыпная плотность.

Зависимость плотности вкладышей от давления прессования при введении в шихту наноразмерных добавок оксида самария и оксида циркония представлена на рисунке 8.

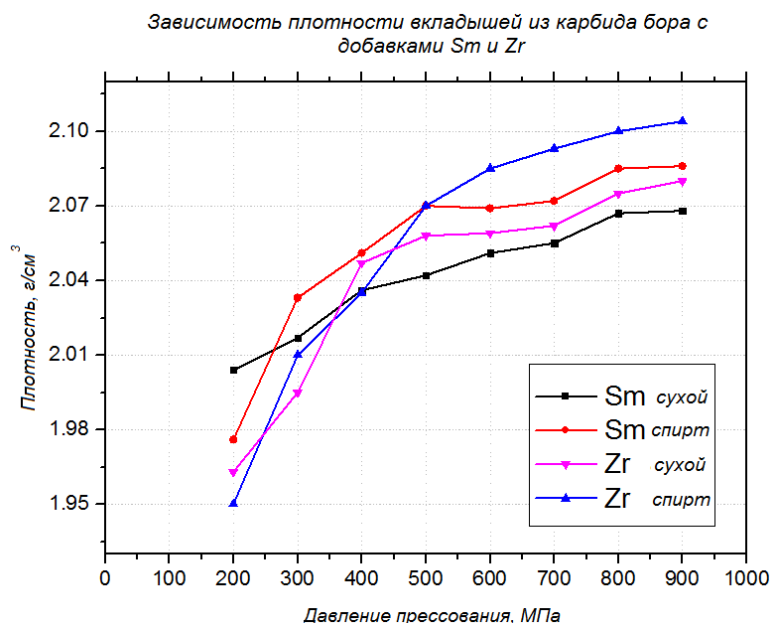


Рисунок 8 – Зависимость плотности спрессованных вкладышей из карбида бора с наномодифицирующими добавками от давления прессования

Из результатов, представленных на рисунке 8, следует, что наибольшей плотностью обладают заготовки из порошковой шихты с нанооксидом циркония и при проведении мокрого смешивания.

Спекание проводили в вакуумной печи Gero 80 в инертной атмосфере с созданием небольшого разряжения. Это предусмотрено установкой для удаления пластификатора. Нагрев проводился ступенча-

тый с десятиминутными выдержками на температурах 400, 800 и 1800°C, затем достижение температуры спекания 2050°C время выдержки составляло 1 час с последующим охлаждением.

На рисунке 9, представлены результаты зависимости плотности спеченных заготовок из карбида бора с наноразмерными добавками оксидов самария и циркония от давления прессования.

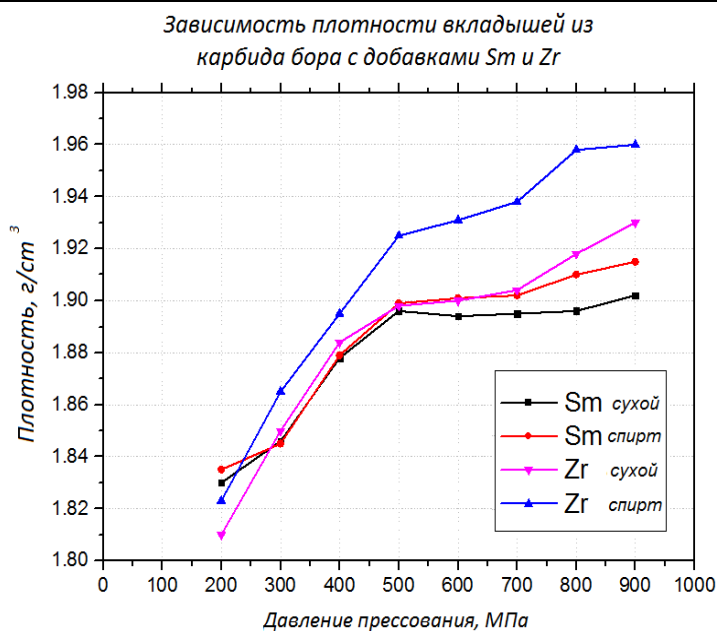


Рисунок 9 - Зависимость плотности спеченных вкладышей из карбида бора с наномодифицирующими добавками от давления прессования

Из представленных результатов видно, что наибольшей относительной плотностью обладают образцы спеченных вкладышей B_4C с нанодобавкой ZrO_2 , а наименьшей - образцы с нанодобавкой Sm_2O_3 .

В таблице 5 представлены результаты измерения плотности после прессования и спекания порошковой смеси B_4C с исследуемыми наномодификаторами.

Таблица 5 - Плотность образцов карбида бора с введенными наномодификаторами оксидом циркония и оксидом самария

Тип образца	Плотность после прессования $P=800$ МПа, г/см ³	Плотность после спекания, г/см ³	Относительное изменение плотности, %
$B_4C + ZrO_2$ «сухой»	2,08	1,93	7,2
$B_4C + ZrO_2$ «спирт»	2,11	1,96	7,1
$B_4C + Sm_2O_3$ «сухой»	2,06	1,90	7,8
$B_4C + Sm_2O_3$ «спирт»	2,08	1,91	8,2

Более высокие значения относительной плотности для композитов, содержащих частицы оксида циркония, по сравнению с частицами оксида самария, по-видимому, обусловлены не только меньшим размером первых, но и более равномерным распределением их по объему образца (рис. 10,11).

С помощью электронной микроскопии была изучена структура спеченных образцов из карбида бора, полученного восстановлением углеродом, с

наномодифицирующими добавками. Результаты исследований представлены на рисунках 10 и 11.

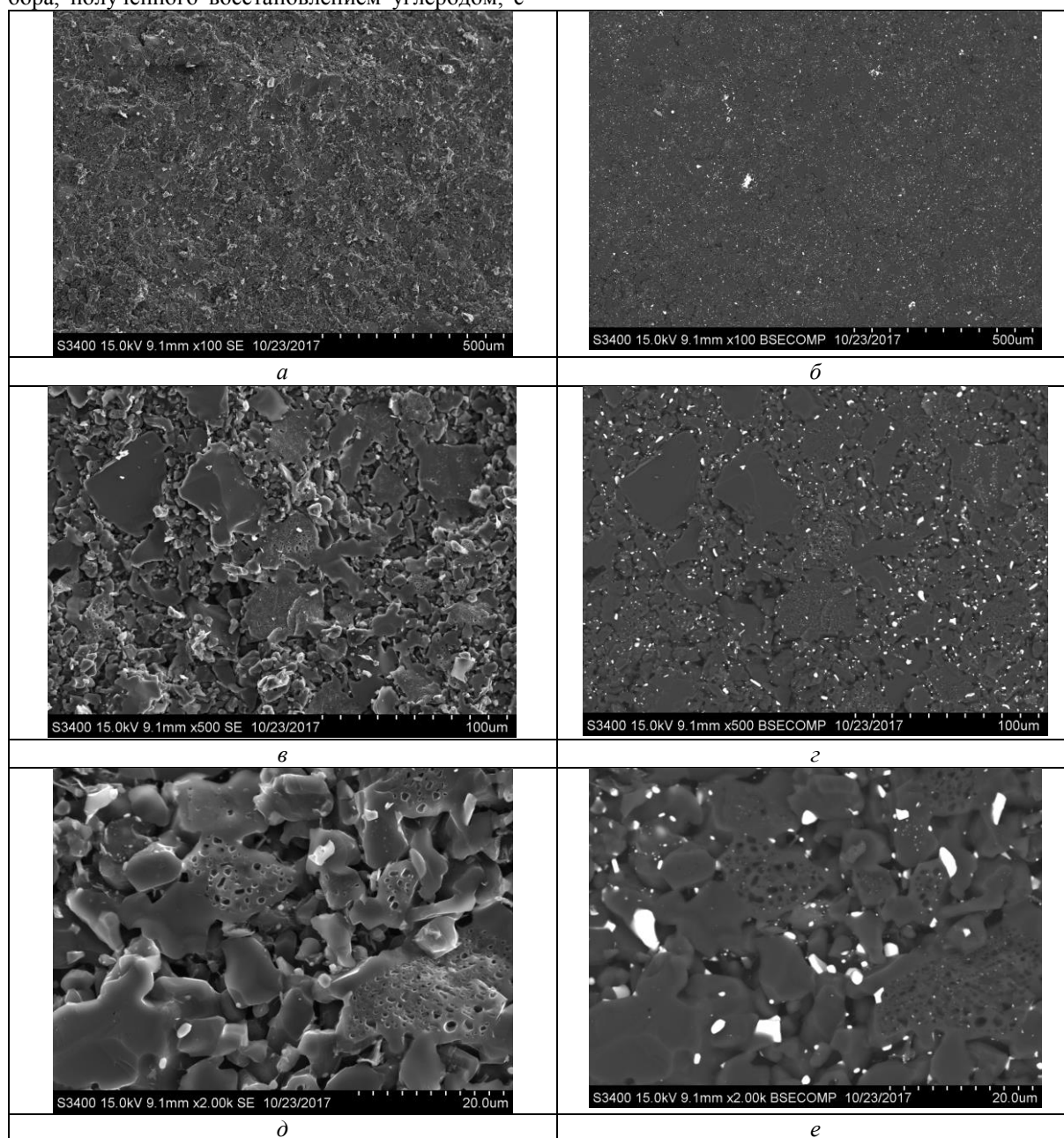


Рисунок 10 – СЭМ-изображение образца карбида бора с нанопорошком оксида циркония после спекания

На снимках СЭМ карбида бора с наночастицами ZrO_2 видно, что встречаются как отдельные наночастицы ZrO_2 , так и их агрегаты, равномерно расположенные по границам зёрен. Это препятствует росту зёрен карбида бора во время спекания

за счет торможения процесса массопереноса между нанодисперсной частицей и частицами низкой дисперсности, что, по-видимому, и ограничивает максимальный размер зёрен.

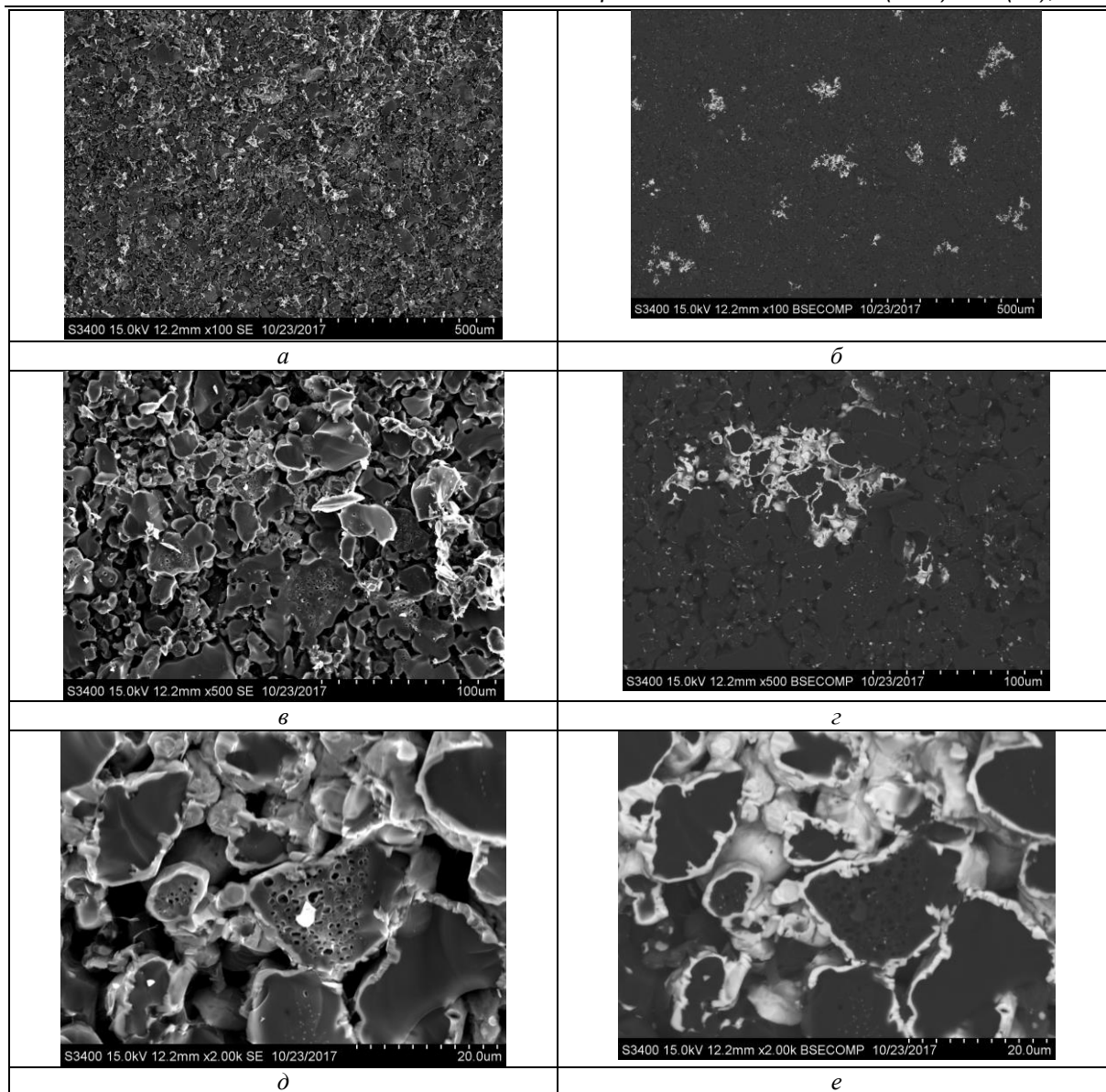


Рисунок 11 – СЭМ-изображение образца карбида бора после спекания с нанопорошком оксида самария

На представленных СЭМ - снимках(рис.11) образца ПЭЛ из карбида бора с наноксидом самария видно, что наномодификатор полностью обволакивает частицы карбида бора, но он менее равномерно распределен по объему образца по сравнению с оксидом циркония, создавая отдельные кластерные образования наночастиц, расположенные по границам зерен карбида бора.

Приведенные данные по влиянию наномодификаторов на структуру карбида бора хорошо согласуются с выводами работ [4,5].

В работе исследовали основные механические свойства образцов из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксида циркония и оксида самария. Определялась твердость образцов и предел прочности на сжатие.

На рисунке 12 представлены результаты испытаний на сжатие для образцов вкладышей после спекания из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария.

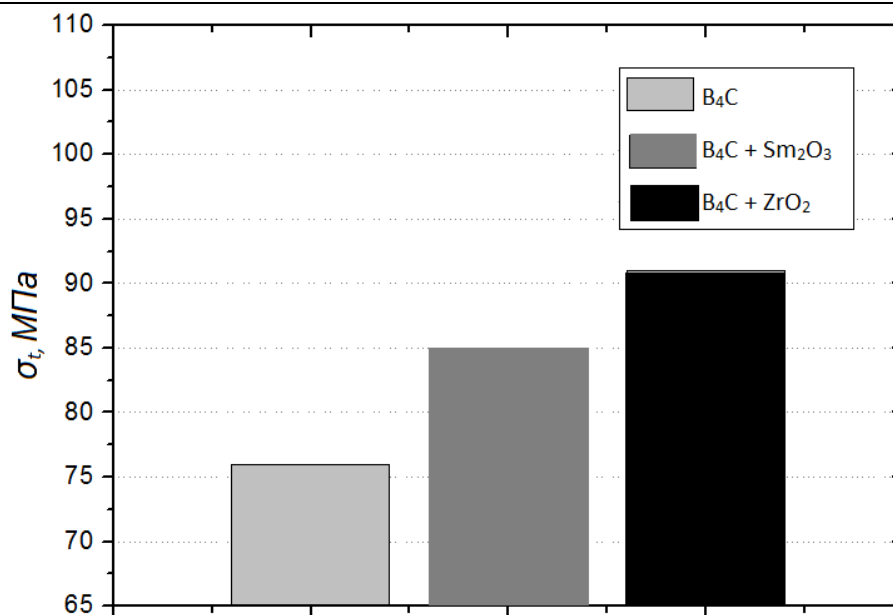


Рисунок 12 - Предел прочности на сжатие после спекания образцов из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария

На рисунке 13 представлены результаты по измерению твердости образцов после спекания из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария.

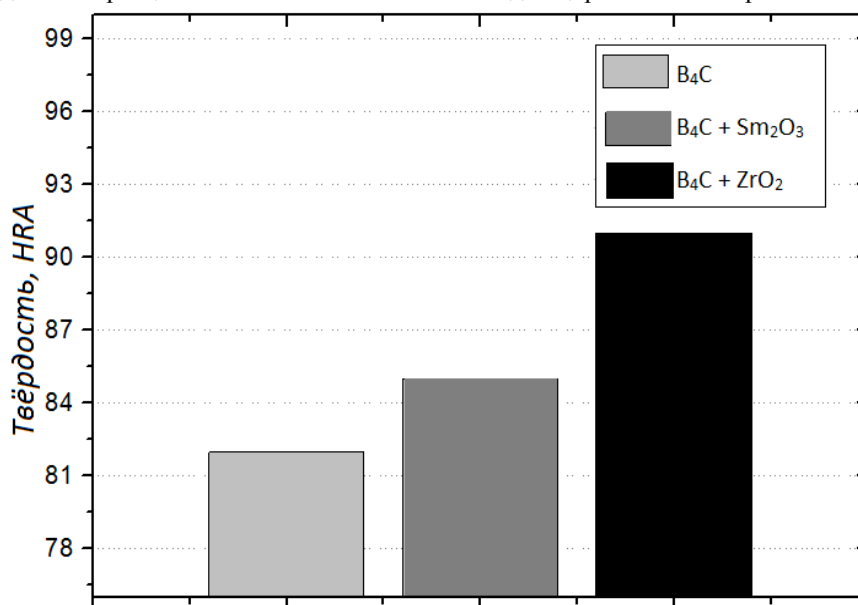


Рисунок 13- Твердость после спекания образцов из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария

Из представленных результатов видно, что наибольшим пределом прочности на сжатие и твердостью, как и следовало ожидать, обладают образцы из карбида бора, модифицированные наноксидом циркония, равномерно распределенного в объеме B_4C и способствующего затруднению движения дислокаций за счет дисперсного упрочнения и получения мелкозернистой структуры.

Выводы

1 Проведено исследование влияния наномодификаторов оксидов самария и циркония на процесс формирования порошка карбида бора. Наибольшая

плотность получена при введении нанопорошка оксида циркония и составляет 1,96 г/см³.

2 Изучена структура спекленных образцов из карбида бора, полученного восстановлением углеродом, с наномодифицирующими добавками ZrO_2 и Sm_2O_3 . Показано измельчающее влияние наноксида циркония на структуру карбида бора.

3 Показано, что наибольшим пределом прочности на сжатие и твердостью обладают образцы из карбида бора, модифицированные наноксидом циркония,

Список использованной литературы

1. Sickafus K. E., Grimes R. W., Valdez J. A., Cleave ., Ming T., Ishimaru M., Corish S. M., Stanek Ch. R., Uberuaga B. P. Radiation-induced amorphization resistance and radiation tolerance in structurally related oxides// Nature Materials. 2007. No. 6. P. 217 – 223.
2. Рисованный В.Д., Варлашова Е.Е., Фридман С.Р., Пономаренко В.Б., Щеглов А.В. Сравнительные характеристики поглощающих кластерных сборок ВВЭР-1000 и PWR. //Атомная энергия. 1998. Т. 84. №.6. С. 508–513.
3. Белаш Н.Н., Куштым А.В., Татарин Н.П. Лякишев. Нанокристаллические структуры - новое направление развития конструкционных материалов // Вестник РАН, 2003, Т. 73, № 5, с. 422-428.
4. Елецкий А.В. Механические свойства углеродных наноструктур и материалов на их основе. //УФН, 2007, т. 177, №3, с. 233-273.
5. Черепанов А.Н., Полубояров В.Л., Калинина Ф.П., Коротаева З.А. Применение ультрадисперсных порошков для улучшения свойств металлов и сплавов//Наука производству.2002. №2. с. 2 – 8.
6. Путилов А.В. Разработки ФГУП ВНИИНМ в области нанотехнологий и наноматериалов для атомной отрасли. // Российские нанотехнологии, 2007 Т.2, № 9-10, с. 6-11.
7. Чернов И.А. Анализ разработок конструкций и материалов ПЭЛов ПС СУЗ повышенной работоспособности // Ядер. и радиац. технологии. 2007. Т. 7. No. 3-4. с. 18-28.

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ВИБРОРЕЗЦЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭФФЕКТА

Киляшов Артемий Александрович

*Магистрант Санкт-Петербургского государственного
морского технического университета*

Кочеткова Татьяна Петровна

К.Т.Н., доцент БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена методика регулирования параметров колебательной системы резца для обеспечения импульсного резания, в которой частота собственных колебаний режущей кромки инструмента задается виброгенератором. Применение пьезомеханических преобразователей с обратным пьезоэффектом в качестве опор резца позволяет существенно расширить диапазон регулирования параметров процессов резания, в первую очередь частоты колебания инструмента.

Ключевые слова: виброрезец, пьезокерамика, обратный пьезоэффект, колебательные движения.

REGULATION OF RESONANCE OSCILLATIONS IN VIBRATION TOOL CUTTER USING THE REVERSE PIEZOELECTRIC EFFECT

Kylasov Artemy Aleksandrovich

*Master's degree student of St. Petersburg state
Maritime technical University*

Kochetkova Tatiana Petrovna

*Candidate of technical science, associate Professor of BSTU
"VOENMECH" them. D. F. Ustinov*

ABSTRACT

The method of adjusting the parameters of the oscillating system of the tool cutter to provide pulse cutting, in which the frequency of natural oscillations of the cutting edge of the tool is set by a vibration generator. The use of piezoelectric transducers with reverse piezoelectric effect as the supports for cutter allows to significantly expand the range of control parameters of cutting processes, primarily the frequency of tool oscillation.

Keywords: vibration tool cutter, piezoceramics, reverse piezoelectric effect, oscillatory motion.

Сущность вибрационного (импульсного) резания заключается в наложении на инструмент в процессе обработки дополнительного, определенным образом направленного относительно заготовки вибрационного движения. Разработан способ возбуждения колебаний в инструментальной системе при вибрационном резании, который состоит в изменении усилий поджатия друг к другу сопрягаемых поверхностей приспособления и резца с целью обеспечения совпадения частоты собственных колебаний режущей кромки инструмента с частотой ее вынужденных колебаний, генерируемых вибратором. При этом колебательные перемещения сопряженных контактных площадок происходят в тангенциальном направлении [2].

Конструкция малогабаритного виброрезца содержит приспособление и установленный в нем собственный резец, сопрягаемые поверхности которых выполнены в виде пары "призма-цилиндр", вибратор в виде опор из пьезокерамического материала, установленных на приспособлении и контактирующих с резцом. Электрические импульсы генератора подаются одновременно на обе пьезокерамические опоры так, чтобы их линейные размеры периодически изменялись в противофазе относительно друг друга благодаря обратному пьезоэффекту, возникающему в их пьезоэлектрическом материале.

Резец, установленный и поджатый к рабочим поверхностям пьезокерамических опор, начинает

совершать поворотные колебательные движения вокруг оси своих цилиндрических выступов, расположенных между пьезокерамическими опорами. При этом контактные площадки поверхностей цилиндрических выступов резца совершают колебательные смещения вдоль сопряженных с ним контактных площадок (т.е. в тангенциальном направлении), образующихся на поверхностях призматического паза крышки приспособления. Жесткость образующихся упругих связей резца с приспособлением (тангенциальная жесткость механического контакта) связана со сжимающей силой (силой поджатия). Варьируя силу поджатия сопрягаемых поверхностей резца и приспособления, изменяя тем самым жесткость упругого взаимодействия между ними, можно регулировать частоту собственных колебаний резца до совпадения с частотой электрических импульсов генератора, добиваясь режима резонансного у возбуждения колебаний.

Для определения собственной частоты колебательной системы "резец-приспособление" необходимо составить дифференциальное уравнение движения резца, выведенного из равновесного состояния. При отсутствии внешнего вынуждающего воздействия (т.е. при выключенном генераторе). Возникающие собственные поворотные колебания резца сопровождаются изменением его кинетического момента, равным сумме моментов сил упругого сопротивления его движению, как это происходит при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси [4]. Рассеяние энергии в этом случае не учитывается, так как параметры диссипативных сил незначительно изменяют частоту собственных колебаний.

Тогда:

$$J_0 \ddot{\varphi} = -2Fa - 4T \frac{d}{2} \quad (1)$$

где:

J_0 – момент инерции резца относительно оси его цилиндрических выступов;

$\ddot{\varphi}$ – вторая производная угла поворота резца (его угловое ускорение).

При этом:

$$F = C \Delta h \quad (2)$$

где:

C – жесткость пьезокерамических опор;

Δh – их деформация при движении резца.

C учетом малых углов поворота φ , при которых

$$\delta \approx \frac{d}{2} \varphi, \quad (3)$$

$$\Delta h \approx a \varphi, \quad (4)$$

а также

$$T \approx C_T \delta, \quad (5)$$

где:

C_T – тангенциальная жесткость механического контакта;

Δ – величина смещения;

T – сопротивление движению.

Дифференциальное уравнение собственных колебаний резца (1) можно привести к виду:

$$\ddot{\varphi} + \varphi \frac{2Ca^2 + 4C_T \left(\frac{d}{2}\right)^2}{J_0} = 0, \quad (6)$$

имеющему известное гармоническое решение:

$$\varphi = A_\varphi \sin \omega_c t, \quad (7)$$

где:

A_φ – амплитуда поворотных колебаний резца;

ω_c – частота поворотных колебаний резца.

Величина ω_c одновременно является частотой колебаний режущей кромки резца, и определяется из выражения:

$$\omega_c = \sqrt{\frac{2Ca^2 + 4C_T \left(\frac{d}{2}\right)^2}{J_0}} \quad (8)$$

Очевидно, что варьирование силой N поджатия сопрягаемых поверхностей резца и приспособления, и тем самым, изменяет тангенциальную жесткость C_T упругого взаимодействия между ними, можно регулировать частоту собственных колебаний резца совместно с его режущей кромкой.

Для оценки диапазона возможного регулирования внутренних частотных параметров в рассматриваемой инструментальной системе воспользуемся эмпирической формулой для предельного предварительного смещения между сопрягаемыми поверхностями $[\delta]$, определяющим условие $\delta \leq [\delta]$, при котором возникающее сопротивление движению контактирующих тел носит упругий характер [3].

$$[\delta] = kN^a \text{ (мкм)}, \quad (9)$$

где коэффициент k и показатель степени a для пары "сталь-сталь" равны 0,09 и 0,46 соответственно.

При определении величины тангенциальной жесткости механического контакта C_T учтем, что сила упругости T , возникающая между контактными площадками в тангенциальном направлении при $\delta \leq [\delta]$, достигает своего максимального значения T_{\max} в момент, когда относительное смещение δ сопрягаемых поверхностей станет равным $[\delta]$, т.е., согласно (5):

$$T_{\max} \approx C_T [\delta] \quad (10)$$

При смещении δ , превышающем предельную величину $[\delta]$, между контактирующими поверхностями начинается проскальзывание, следовательно, при $\delta = [\delta]$, величина T_{\max} соответствует силе трения покоя $F_{\text{тр.п}}$, определяемой по закону Амонтона – Кулона, как $F_{\text{тр.п}} = f_{\text{тр.п}} N$, где $f_{\text{тр.п}}$ – коэффициент трения покоя. Тогда жесткость C_T можно определить с достаточной для практики точностью из соотношения:

$$C_T[\delta] \approx f_{\text{тр.п.}} N, \quad (11)$$

а с учетом эмпирической формулы (9) получим, что

$$C_T = \frac{f_{\text{тр.п.}}}{k} N^{(1-\alpha)}, \quad (12)$$

а для пары “сталь-сталь”, при $f_{\text{тр.п.}} = 0,2$

$$C_T = 2,2N^{0,54} \text{ (кгс/мкм)} \quad (13)$$

После подстановки формул (12) и (13) в выражение для определения искомой частоты v_c собственных колебаний резца через круговую частоту ω_c , получим соотношение:

$$v_c \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2Ca^2}{J_0} + \frac{d^2 f_{\text{тр.п.}}}{k J_0} N^{(1-\alpha)}} \quad (14)$$

Если резец и приспособление выполнены из стали, то:

$$v_c \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2Ca^2}{J_0} + \frac{d^2}{J_0} 2,2N^{0,54}} \quad (15)$$

Как видно из формул (14) и (15), нижний предел регулирования v_c определяется минимальной величиной силы N_{max} , обеспечивающей гарантированное поджатие резца к приспособлению и пьезо-керамическим опорам, т.е.:

$$v_c \geq v_{c \min}; \quad v_{c \min} \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2Ca^2}{J_0} + \frac{d^2 f_{\text{тр.п.}}}{k J_0} N_{\min}^{(1-\alpha)}} \quad (16)$$

Верхний предел для v_c определяется предельной величиной N_{max} , исходя, например, из механической прочности нагруженных элементов конструкции устройства и условия, чтобы статическое сжатие опор не повлекло пластических деформаций его материала.

$$v_c \geq v_{c \max};$$

$$v_{c \max} \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2Ca^2}{J_0} + \frac{d^2 f_{\text{тр.п.}}}{k J_0} N_{\max}^{(1-\alpha)}} \quad (17)$$

Очевидно, что направления поляризации пьезоэлектрического материала при изготовлении опор виброрезца должно максимально совпадать с вектором силы N поджатия сопрягаемых поверхностей резца и приспособления [1].

Изготовление опор из пьезо-керамики позволяет существенно увеличить предельную нагрузку N_{max} , а, следовательно, расширить диапазон регулирования силы поджатия резца к приспособлению N , а, следовательно, и частоты колебания резца в инструментальной системе. При достаточно широком частотном диапазоне этой инструментальной системы, возможна быстрая перенастройка ее на существенно отличающиеся друг от друга по частоте режимы колебаний режущей кромки резца, что позволит также устранять нежелательный резонанс между резцом и деталью в процессе вибрационной обработки.

Библиографический список

1. Ranier Clement Tjiptoprodjo. On a Finite Element Approach to Modeling of Piezoelectric Element Driven Compliant Mechanisms.- Saskatchewan, Canada.: University of Saskatchewan Saskatoon, April 2005.
2. Кочеткова Т.П. Мелькишев С.В. Инструментальное обеспечение при вибрационном резании материалов. Журнал «Технология металлов», М.: Машиностроение, №2, 1999г., с 22-23.
3. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбаров В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977г. 279с.
4. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. М.: Высшая школа, 1977г., 327с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Кугаевский Сергей Семенович,

Канд. техн. наук, доц.

Уральский федеральный университет (Екатеринбург)

Гамберг Алексей Евгеньевич,

Канд. техн. наук, доц.

Уральский федеральный университет (Екатеринбург)

THE EFFECTIVENESS OF ADDITIVE TECHNOLOGY IN TOOL PRODUCTION

Kugaevskii S.S.,

Cand. Sc. (Tech)

Ural Federal University (Ekaterinburg)

Gamberg A.E.,

Cand. Sc. (Tech)

Ural Federal University (Ekaterinburg)

ABSTRACT. This paper reports the effectiveness of additive technology in tool production.

Keywords. Additive technologies, Selective Laser Melting (SLM), drilling heads, effectiveness.

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются вопросы эффективности применения аддитивных технологий в инструментальном производстве.

Ключевые слова. Аддитивные технологии, послойное лазерное плавление металлопорошковых композиций (SLM), сверильные головки, эффективность

Additive technologies began to be implemented in manufacturing about 30 years ago. They have emerged as an alternative to traditional metal-cutting machining. In contrast to machining on a metal-cutting machine where a component is produced by the method of “subtraction” of the material from the total volume of the workpiece, when the parts are fabricated on an additive machine, the process goes in the opposite direction. The component grows layer after layer with curing of material by one of the known methods. This principle of addition underlies in the term of additive manufacturing – AM.

There is no straight classification of additive technologies yet in Russia. Numerous authors separate them to different techniques such as: Layer forming; layer fixation; applied modelling (building) materials (liquid, polymeric, metal powder etc.); key technology (laser, other); energy supply for layer fixation (heat treatment, ultraviolet or direct light projection, via binder etc.).

The most common AM-technologies in mechanical engineering branches are:

- SLA, Stereolithography Apparatus – curing the photopolymer layer with a laser beam;
- SLS, Selective Laser Sintering – layered laser sintering of powder materials, usually polymers;
- DMF, Direct Metal Fabrication – kind of SLS technology, layer-by-layer laser sintering of metal powder compositions; sometimes also called as DMLS, Direct Metal Laser Sintering;
- SLM, Selective Laser Melting – kind of SLS technology, layer-by-layer laser melting of metal-powder compositions;
- DLP, Digital Light Procession – photopolymer layer flash via digital spotlight;
- Poly-Jet – applying of a layer of photopolymer through a multi-nozzle head and its curing by the ultraviolet lamp;
- FDM, Fused Deposition Modeling – layering of fused filiform polymers;
- Ink-Jet – curing the layer of powder material by applying a binder composition through a multi-nozzle head (similar to inkjet printer).

The methods differ by the composition of the curable material, performance, accuracy, quality of the internal structure, etc. Researches in this area are continuously expanding and therefore a large number of scientific articles have been devoted to the subject of additive technologies. It is considered that the most promising areas of application of additive technologies are the aerospace industry, medicine, design, engineering, construction and architecture, etc.

It is easy to see that the greatest efficiency from the use of additive technologies can be obtained in the production of complex-shaped parts with various internal cavities that are difficult to obtain by casting and machining. The complexity of the surfaces of parts obtained by additive technologies is limited only by the imagination of the designer.

The initial stage for the production of such parts is the construction of a computer-based 3D model, which later serves as a kind of template for the operation of the additive machine. At the same time, the complexity of developing of a 3D model has long ceased to be a limiting factor due to the use of various CAD systems. The ability to develop a computer-based 3D model has become mandatory for graduates of any modern university or college. The market of CAM-systems is also rapidly developing. They provide an option to develop a control program for the additive machine according to the original 3D-model.

Let's consider some aspects of the effectiveness of additive technologies for the production of parts made from metallic materials which are the most typical for the engineering industry. From the methods mentioned above method of selective laser melting (SLM) is the most suitable for the manufacture of metal parts. While the cost of manufacturing of a machine-building part on a metal-cutting machine is calculated, the value of the labor intensity of machining $T_{p.u.}$ (min) is frequently used. However, comparing the cost of machining and obtaining parts by additive technology, it is more correct to use the total shop cost of the technological operation C_{op} , which can be calculated by the formula:

$$C_{op} = C_{mat.bas} + C_{en} + C_{tr} + C_{serv} + C_{n.ex} + W_{bas} + C_{mat} + W_{serv.bas} + C_{am.eq} + C_{rep} + C_{mait} + C_{det} + C_{am.t} + C_{am.b} + W_{man} + W_{eng} + W_{serv.ad}$$

Where:

- $C_{mat.bas}$ - the cost of the main material details;
- C_{en} - the cost of technological energy;
- C_{tr} - cost of intrashop transportation;
- C_{serv} - costs associated with the payment of services of third parties;
- $C_{n.ex}$ - non-manufacturing costs;
- W_{bas} - machine tool wages (the main and additional with charges);
- C_{mat} - the cost of materials consumed for the maintenance of the machine;
- $W_{serv.bas}$ - wages with charges of workers engaged in the maintenance of the main equipment;
- $C_{am.eq}$ - the cost of depreciation of the machine;
- C_{rep} - the cost of repairing the machine;
- C_{mait} - the cost of operating a normally worn tool;
- C_{det} - the costs associated with breakdowns and premature wear of the cutting tool;
- $C_{am.t}$ - the cost of depreciation of equipment;
- $C_{am.b}$ - depreciation of buildings;
- W_{man} - the wages the administrative and managerial unit;
- W_{eng} - the wages of engineering and technical workers;
- $W_{serv.ad}$ - the cost of maintaining the remaining auxiliary workers.

The key point in the comparative analysis of the efficiency of additive technologies and machining technologies is that in the additive method, the part is complete immediately after one operation. After building, the performance of a small number of finishing operations in order to give the surfaces a required level of accuracy and roughness is only needed. Thus, the operation of removing of the support should be added. It is necessary to provide the hardening material with required rigidity and stability while performing the operation of laser sintering.

As a result, the use of a variety of machines (turning, milling, drilling, tapping, etc.) can be changed by one unit. Accordingly, the costs of transportation and depreciation of buildings might be reduced, the number of auxiliary workers could be declined. The cost of cutting tools and fixtures in general can be ignored. The costs of depreciation and repair of the machine, the salary of key workers, energy costs, the costs of maintenance of engineering and technical and management staff for the considered options can be considered as similar.

On the other hand, it should be noted that from the remaining components of the total cost of the product, only the cost of the material slightly increase when additive technologies are implemented. This fact appears due to the high cost of the metal powder from which the part is grown. Moreover, unlike additive technologies, the material consumption during machining can exceed the weight of a part by two times or more because of the removed allowance.

The average market price of imported metal powders based on DDP terms in Russia is: tool steel - \$ 115 / kg, titanium (analogue of BT-6) - \$ 715 / kg, aluminum - \$ 175 / kg, nickel heat-resistant alloy - \$ 180 / kg. The final price largely depends on the volume of a one-time order. So, for example, the difference in the cost of 1 kg of Ti-6Al-4V can be more than \$ 80 for orders of 50 and 250 kilograms [2].

Comparison of the effectiveness of additive methods and methods of machining shows one more potential point of interest. There is a hidden advantage of additive technologies that is not easy to evaluate. This advantage is in a sharp reduction in the duration of the production cycle of manufacturing parts. As the duration of the production cycle, we understand the time between the moment of arrival of the workpiece at the machine shop and the moment of transfer of the finished part to the assembly shop.

Reducing of the production cycle is a powerful tool to improve the production efficiency as it allows to save floating capital, to obtain competitive advantages in urgent orders, etc. At the same time the time of preparation of production could be reduced because the development of operational technology, production of installation equipment and cutting tools are not required.

In conclusion, we give examples of the effective application of additive technologies in the manufacture of tool production. The JSC Sverdlovsk instrumental plant manufactured the cases of modular end mills (Fig. 1) and drilling heads for deep drilling (Fig. 2) using the traditional cutting method on CNC machining centers.

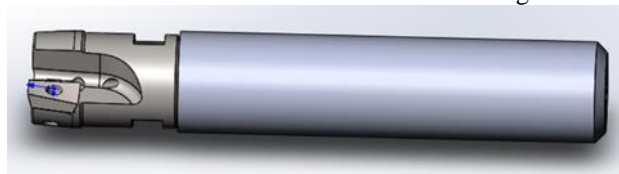


Fig.1 End mill of the production of Sverdlovsk instrumental plant



Fig.2. Drilling heads manufactured by Sverdlovsk instrumental plant for deep drilling

Labor intensity of the basic operations in machining of the drilling heads with a diameter of 31 mm with a traditional method was 287 min with a length of the

production cycle of 14 days. The processing was carried out on a turning center. Computation of the CNC program was based on the computer simulations with a 3D modelling (Fig.3).

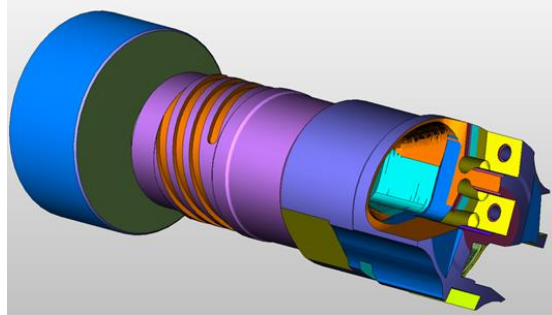


Fig.3 Computer-based 3D model for CNC program in CAM-system

As an experiment, it was decided to manufacture these parts with an additive machine. For the production of parts of the ball involved additive SLM-machine

mod. EOSINT M280 (Fig. 4) installed in the Additive Technology Center (Ekaterinburg).



Fig.4. Additive SLM Machine

As a result, the batch of 49 cases of such drilling heads was manufactured in 87,5 hours. The production time per unit was fixed at the level of 107 min. In this case, the same 3D models were used that were taken as a base to estimate control programs for machining centers. The complexity of finishing operations to refine the base surfaces was about 25 minutes.

Acknowledgments: The work was supported by Ministry of Education and Science of the Russian Federation, contract № 02.G25.31.0148.

References:

1. Zlenko M.A. Additive technologies in mechanical engineering / M.V. Nagaytsev, V.M. Dovbysh // manual for engineers. - M. GNTs RF FSUE "NAMI" 2015. 220 p. 2.

2. Makarov M. Industrial 3D printers - expensive "toys" or the real way of modernization of mechanical engineering in Russia? - Photonics number 5/53/2015. P. 20.

3. Fe-felov A.S., Merkushev A.G., Chikova O.A., Finkelstein A.B. Microstructure and mechanical properties of work pieces manufactured by selective laser melting of AlSi12 powder / Metallurg 2018, N5, p.61-66

Список литературы:

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

2. Макаров М. Промышленные 3D-принтеры – дорогие «игрушки» или реальный путь модернизации машиностроения в России? - Фотоника № 5 / 53 / 2015г. С. 20.

3. Феллов А.С., Меркушев А.Г., Чикова О.А., Финкельштейн А.Б. Микроструктура и механические свойства изделий, изготовленных методом селективного лазерного плавления порошков АКД12/Металлург, 2018, №5, с.61-66.

МЕТОДЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Латыпов Альберт Спартакovich

*Магистрант, кафедра "Автоматика и управление" Московского политехнического университета
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)
albert-89@inbox.ru*

Конева Наталья Ефимовна

*Доцент, канд.техн.наук, профессор Московского политехнического университета
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)
n.koneva21@mail.ru*

ANALYSIS OF METHODS FOR BIOMETRIC IDENTIFICATION OF A PERSON

Latypov Albert

*Master student, Department of Automation and Management Moscow Polytechnic University
(MOSCOW POLITEX)
albert-89@inbox.ru*

Natali Koneva

*Associate professor, Cand.Tech.Sci., professor of the Moscow Polytechnic University
(MOSCOW POLITEX)
n.koneva21@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

В работе представлен краткий обзор современного рынка биометрических технологий. Рассматриваются основные принципы работы биометрических систем идентификации, достоинства и недостатки методов идентификации. Приведён сравнительный анализ рынка биометрических систем идентификации.

ABSTRACT

The paper presents a brief overview of the modern market of biometric technologies. The main principles of the work of biometric identification systems, advantages and disadvantages of identification methods are considered. A comparative analysis of the market for biometric identification systems.

Ключевые слова: идентификация; аутентификация; отпечатки пальцев; изображение лица; радужная оболочка; вены руки; сетчатка глаза; геометрия рук.

Keywords: identification; authentication; fingerprints; face image; iris; hand veins; eye retina; hand geometry.

Биометрия охватывает набор различных технологий и методов, благодаря которым возможно провести идентификацию конкретной личности. В основу этого комплекса положены биологические данные человека [1,2]. Человек обладает сугубо индивидуальными характеристиками, в т. ч. и физиологическими. В настоящее время широко используются большое количество методов биометрической аутентификации, которые делятся на два класса [3-7].

Статические методы биометрической аутентификации основаны на физиологических характеристиках человека, присутствующих от его рождения до смерти, и которые не могут быть потеряны, украдены и скопированы.

Динамические методы биометрической аутентификации основываются на поведенческих характеристиках людей, то есть на характерных подсознательных движениях в процессе воспроизведения или повторения человеком каких-либо обыденных действий.

В данной статье рассмотрены шесть методов [1- 7]: по отпечаткам пальцев; по изображению

лица; по радужной оболочке глаза, по венам на руке, по сетчатке глаза, по геометрии руки.

Метод аутентификации по отпечатки пальцев

Данный метод является самым распространённым биометрическим идентификации личности. Каждый человек обладает уникальным папиллярным узором отпечатков пальцев.

Алгоритм работы заключается в следующем:

-используются точки на отпечатках пальцев – это точки ветвления и конечные точки;

-папиллярный узор преобразовывается в код и эти коды хранятся в базе данных, время перевода изображения в код не превышает 1с;

-производится сравнение кодов, результат этого сравнения опровергает или подтверждает простотой принадлежность этих отпечатков конкретной личности.

Данный алгоритм наиболее распространён в связи с его высоким быстродействием и реализации. Отпечаток пальца представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Папиллярный узор отпечатка пальца.

Преимущества метода по отпечаткам пальцев:

- низкая стоимость;
- простая процедура сканирования;
- стабильная работа устройств, построенных на основе данного метода.

Недостатки метода по отпечаткам пальцев:

- папиллярный узор легко повреждается мелкими порезами, царапинами.

Анализ ситуации на рынке

Системы распознавания по отпечаткам пальцев занимают около половины рынка систем биометрической аутентификации. Дактилоскопической идентификацией занимаются множество зарубежных и российских компаний. Это направление является одним из самых распространенных, при этом системы становятся всё более компактными и удобными. В современных системах установлены различные датчики (силы нажатия, температуры и т.д.), они оснащаются дополнительными

подсистемами для повышения степени защиты от подделок. В России этим направлением занимаются инженерные компании “Прософт-Биометрик” (система контроля и управления доступом) и “Biolink” (биометрическая идентификация), а за рубежом - компания “Vyometric”.

Метод аутентификации по изображению лица

Каждый человек индивидуален по форме черепа и чертам лица, по которым люди узнают друг друга в первую очередь. Эти методы подразделяются на 2D-распознавание и 3D-распознавание.

2D- распознавание

Данный метод появился достаточно давно и применяется в криминалистике. Система работает с двумерным изображением. Метод

2D - распознавания представлен на рисунке 2.

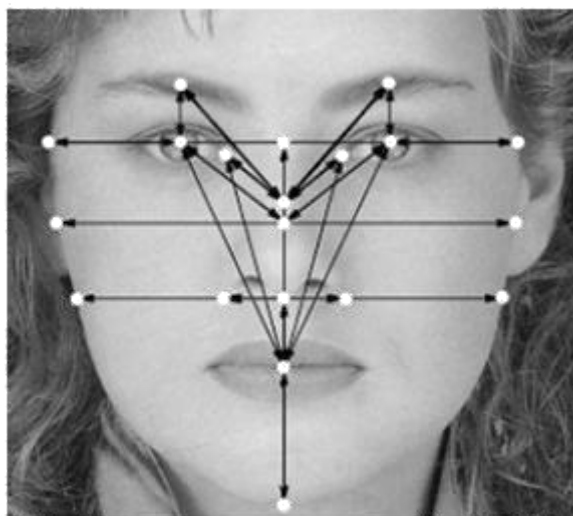


Рис.2. 2D - изображение лица

Преимущества метода 2D – распознавания:

- не высокая стоимость оборудования.

Недостатки метода 2D –распознавания:

- низкие статические показатели;

- зависимость от освещения и изменения мимики лица.

3D - распознавание

Принцип 3D-распознавания устроен следующим образом: на лицо проецируются невидимые лучи, затем на лице формируется модель маски.

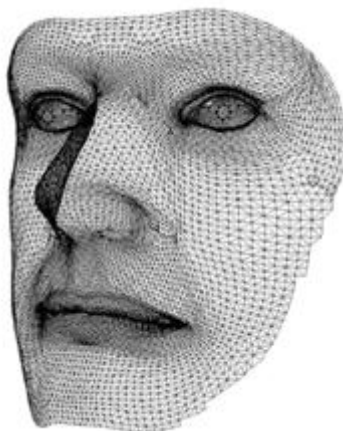


Рис.3. 3D- изображения лица

Преимущества метода 3D –распознавания:

- высокий уровень надёжности в сравнении с методом идентификации по отпечаткам пальцев;
- отсутствие необходимости контакта со сканирующим устройством.

Недостатки метода 3D- распознавания:

- низкая чувствительность;
- высокая стоимость оборудования;
- зависимость от изменения мимики лица.

Анализ ситуации на рынке

В России данной технологией занимается инженерная компания “Прософт-Биометрикс” (системы контроля и управления доступом) и некоторые другие, а за рубежом - компания “Cognitec Systems GmbH” (SDK,2D - камеры) в Германии.

В области 2D-распознавания основным методом разработки является программное обеспечение. На протяжении нескольких лет практически не происходит улучшения статистических показателей алгоритмов. 3D- распознавание лица является более привлекательной областью для разработчиков.

Метод аутентификации по радужной оболочке глаза

Разработал и запатентовал метод идентификации личности по радужной оболочке математик Джон Даугман [1]. Радужная оболочка является уникальной особенностью каждого человека. Процесс распознавания личности по радужной оболочке глаза делится на три этапа: получение изображения, сегментация, параметризация.

Датчик анализирует полученную маску и поступившие данные о геометрии лица сравнивает с имеющимися в компьютерной базе данными. На основании этого сравнения принимаются соответствующие решения. Время обработки и захвата изображения 1-2 с.

3D - распознавание представлено на рисунке 3.

Получение изображения

Процесс начинается с детального изображения глаза человека. Радужная оболочка – это уникальный параметр. Используется монохромная камера, которая чувствительна к инфракрасному излучению, производится серия снимков и затем из полученных фотографий выбирают одну или несколько и приступают к сегментации.

Сегментация

Разделяют изображение внешней части глаза на отдельные участки (сегменты). На полученной фотографии находят радужную оболочку, определяют внутреннюю и внешнюю границы. Находят границы верхнего и нижнего века, исключают наложение ресниц или блики (например, от очков).

После определения границ изображение радужки необходимо нормализовать. После нормализации при помощи псевдо-полярных координат выделенная область изображения переходит в прямоугольник, происходит определение радиуса и центра радужки глаза.

Параметризация

В ходе параметризации радужной оболочки из нормализованного изображения выделяют контрольную область. К каждой точке применяют двумерные волны Габора для того, чтобы извлечь фазовую информацию.

Полученная фаза квантуется двумя битами, но можно использовать и другое количество. Итоговая длина радужной оболочки зависит от количества точек.

В итоге получается шаблон радужной оболочки, который сверяется с другими шаблонами в процессе аутентификации.

Радужная оболочка представлена на рисунке 4.

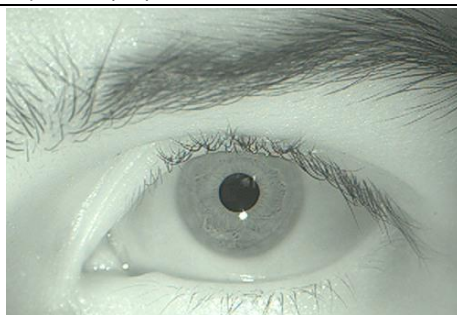


Рис.4. Радужная оболочка

Преимущества метода аутентификации по радужной оболочке глаза:

- статическая надёжность алгоритма.

Недостатки метода аутентификации по радужной оболочке глаза:

- высокая стоимость.

Анализ ситуации на рынке

Данная технология пользуется большим спросом на рынке и входит в первую тройку. На мировом рынке этот метод используется в 15% случаев. Лидеры в развитии данной технологии: Geometrix, Inc. (3D сканеры лица, ПО), Genex Technologies (3D-сканеры лица, ПО) - в США, Cognitec Systems GmbH (SDK, специальный вычислитель, 2D-камеры) - в Германии, Bioscrypt (3D-сканеры лица,

ПО) – дочернее предприятие американской компании L-1 Identity Solutions.

Метод аутентификации по венам на руке

В данном методе реализуется новейшая технология биометрии, широкое применение которой произошло всего десять лет назад. При помощи инфракрасной камеры делается снимок одной из сторон руки, рисунок получается точным, благодаря тому, что в крови содержится гемоглобин, который поглощает инфракрасный луч. В итоге степень отражения уменьшается, и вены видны на снимке в виде черных линий, дальше программа преобразует снимок в цифровую свертку. При использовании такой технологии контакт человека и сканирующего устройства не требуется. Метод аутентификации по венам руки представлена на рисунке 5.



Рис.5 Метод аутентификации по венам руки

Преимущества метода аутентификации по венам руки:

- высокая достоверность;
- отсутствие контакта со сканирующим устройством.

Недостатки метода аутентификации по венам руки:

- зависимость данной технологии от засвечивания сканера солнечными лучами или галогеновыми лампами;
- зависимость от некоторых возрастных заболеваний.

Анализ ситуации на рынке

Технология находится еще в стадии развития, поэтому недостаточно востребована. При этом некоторые компании проявляют свой интерес к этой технологии биометрии, так как она не требует дорогостоящего оборудования. Разработками в этой области занимается английская компания TDSi, которой было разработано ПО для биометрического считывателя вен ладони PalmVein, представленного компанией Fujitsu.

Метод аутентификации по сетчатке глаза

Метод основывается на сканировании сетчатки глаза. Он соединяет в себе лучшие черты идентификации по радужной оболочке и по венам

руки. Сканер считывает рисунок капилляров на поверхности сетчатки глаза. Сетчатка имеет неподвижную структуру, неизменную от времени.

Получение изображения происходит при помощи инфракрасного луча низкой интенсивности, который направлен через зрачок к кровеносным сосудам на задней стенке глаза. Сканеры сетчатки

глаза получили широкое распространение в системах контроля доступа на особо секретные объекты, так как у них один из самых низких процентов отказа в доступе зарегистрированных пользователей и практически не бывает ошибочного разрешения доступа. Метод аутентификации по сетчатке глаза представлен на рис.6.

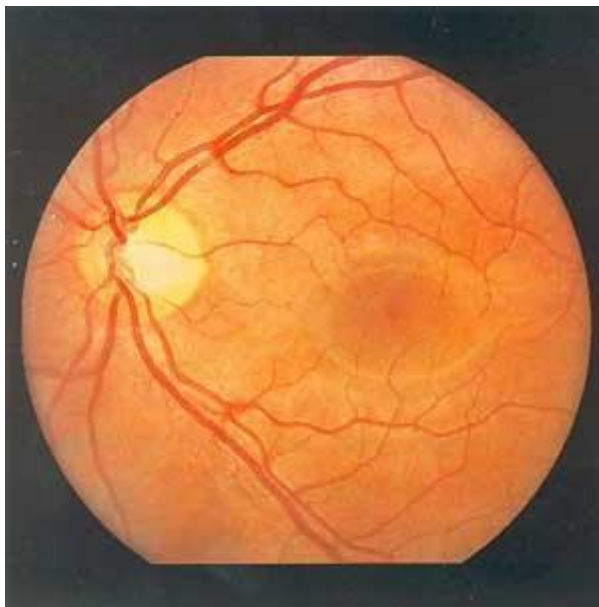


Рис.6 Сетчатка глаза

Преимущества метода аутентификации по сетчатке глаза:

- высокий уровень статистической надёжности;
- отсутствие разработок для обмана системы.

Недостатки метода аутентификации по сетчатке глаза:

- большое время обработки для получения результата;

- высокая стоимость оборудования;
- отсутствие широкого рынка предложений и недостаточное развитие метода.

Метод аутентификации по геометрии рук

Данный метод основан на получении геометрических характеристик. Геометрия рук представлена на рисунке 7.

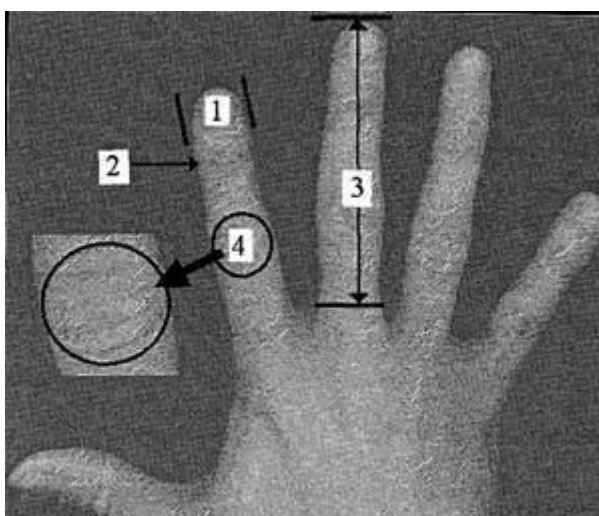


Рис.7 Геометрия рук

Недостатки метода аутентификации по геометрии рук

- отсутствие широкого рынка предложений;
- низкая степень надёжности.

Анализ ситуации на рынке методов аутентификации по сетчатке глаза и геометрии рук.

Данные технологии находят всё меньшее распространение на рынке в связи с низкими сравнительными характеристиками.

Вывод

Анализ существующих на сегодняшний день методов аутентификации, а также их преимуществ и недостатков [1-7] позволяет сделать вывод о целесообразности использования каждого из них для различных ситуаций. При этом метод аутентификации по отпечаткам пальцев является наиболее распространённым в силу достаточной эффективности и невысокой стоимости. Метод аутентификации по радужке глаза используется в особо ответственных ситуациях.

Список литературы

1. Руд М. Б., Джонатан Х. К. и др. Руководство по биометрии. – Москва: Изд. Техносфера, 2007, 368 с.

УДК 550.812.14

2. Кухарев Г.А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека. – СПб.: Изд. Политехника, 2001, 240 с.

3. Ворона В.А., Тихонов В.А. Системы контроля и управления доступом. – Москва: Изд. Телеком, 2010, 272 с.

4. Владимир Р. Охранные системы и технические средства физической защиты объектов. – Москва: Изд. Security Focus, 2011, 288 с.

5. Лебедеенко Ю.И. Биометрические системы безопасности. – Тула: Изд. ТулГУ, 2012, 159 с.

6. Волхонский В.В. Системы контроля и управления доступом. – СПб.: Изд. ИТМО, 2015, 105 с.

7. Кухарёв Г.А., Каменская Е.И. и др. Методы обработки и распознавания изображения лиц в задачах биометрии. – СПб.: Изд. Политехника, 2013, 388 с.

СТАДИИ РАЗВЕДОЧНОГО ПРОЦЕССА И ПЛОТНОСТЬ СЕТИ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Новрузова З.Д.

Студент, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Новрузов О.Д.

Студент, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Аннотация:

В докладе обосновывается, принцип разведочных работ, вытекающим из необходимости максимально достоверного изучения всего объема залежи и регламентирующим проведение разведки, является принцип равномерности или равно представительности. Он не связан с какими-либо геологическими особенностями разведываемого объекта, а является лишь трактовкой геологического исследования как способа изучения сложной системы и отражает конечные требования к системе разведки.

Ключевые слова:

Разведка, разведочный процесс, залежь, скважина, разведочная выработка.

STAGES OF PROSPECTING PROCESS AND DENSITY OF NETWORK OF PROSPECTING DEVELOPMENTS

Abstract:

Is proved in the report, the principle of prospecting works, resulting of need of the most reliable studying of all volume of a deposit and regulating carrying out a intelligence, the principle of uniformity is or it is equal to representability. He isn't connected with any geological features of the explored object, and is only interpretation of a geological research as way of studying of difficult system and reflects final requirements to the system of investigation.

Keywords:

Investigation, prospecting process, deposit, well, prospecting development.

Говоря о равномерности сети наблюдений, в геологической литературе подразумевают регулярные сети (квадратные, треугольные и др.). Как показал целый ряд исследований, регулярная сеть в таком ее понимании наиболее эффективна или вполне приемлема при решении целого ряда геологических задач. Равномерная регулярная по площади сеть предпочтительна в задачах обнаружения объектов, описания закономерностей части поля, описания изменчивости поля и др. Действительно, при равномерной (регулярной) сети исключается пропуск аномалий выпуклой формы, которые при параллельном их перемещении не могут быть впи-

саны в элементарную ячейку сети. Особенно эффективна равномерная сеть при выявлении наиболее крупных объектов.

Равномерная (регулярная) система наблюдений предпочтительнее при решении задачи выявления аномалий на фоне случайных помех, проведении тренд-анализа и решении множества других прикладных геологических задач.

Широкое распространение при разработке месторождений нефти и газа получили равномерные (регулярные) системы размещения скважин. На многих нефтяных месторождениях России принималась треугольная система расположения скважин, которая обеспечивает более полное извлечение нефти из пласта. На нефтяных месторождениях

США обычно применяют квадратную сетку в связи с удобством размещения скважин вдоль границ отдельных нефтяных участков, имеющих, как правило, прямоугольную форму.

С точки зрения теории и практики разведки очевидно, что для достижения максимальной достоверности оценки запасов совершенно необязательно изучать залежь равномерно по всей площади. Для минимизации погрешности оценки запасов и прогноза значений признаков залежи точки исследований должны быть размещены в области, занимаемой исследуемым геологическим телом, таким образом, чтобы равномерно освещать его объем.

Этап разведки месторождений полезных ископаемых подразделяется на три стадии:

- 1) предварительная разведка;
- 2) детальная разведка;
- 3) эксплуатационная разведка.

Это подразделение разведочного этапа на стадии непосредственно вытекает из первого принципа разведки — последовательных приближений.

Предварительная разведка преследует цели выяснения общих размеров месторождения и получения приближенного представления о форме, размерах и качестве основных тел полезного ископаемого, составляющих сложное месторождение. В эту стадию завершается детальное изучение поверхности месторождения на основе уточнения крупномасштабной геологической карты.

Детальная разведка производится только в том случае, если месторождение должно эксплуатироваться в ближайшие годы. Нет смысла вкладывать значительно большие по сравнению с предварительной разведкой средства в объект, промышленное освоение которого откладывается на неопределенное время.

На стадии детальной разведки с высокой степенью точности обрисовываются контуры каждого тела полезного ископаемого и выявляются его элементы залегания с учетом всех возможных изменений, вызванных складчатыми и разрывными нарушениями; результаты исследований наносятся на карту, составленную на стадии предварительной разведки в масштабе от 1 : 2000 до 1 : 500 (в зависимости от размеров и сложности месторождения).

Эксплуатационная разведка начинается с момента организации добычи полезного ископаемого. Она пространственная и по времени немного опережает горно-эксплуатационные работы, сопровождая разработку месторождения почти до ее окончания.

Разведка, производимая в процессе эксплуатации месторождения полезного ископаемого, отличается наибольшей точностью, так как сеть выработок, используемых разведчиком, в этот период наиболее густая; в их число, помимо прежних и новых разведочных выработок, входит множество горных подготовительных выработок: штреков, ортов, восстающих, рассечек. На стадии эксплуатационной разведки уточняется строение тел полезного

ископаемого как в отношении их форм, так и в отношении границ, разделяющих сорта, а также мелкие тектонические нарушения и смещения.

Поскольку в процессе разведки залежей нефти и газа мы исследуем трехмерные (объемные) объекты, системой размещения, реализующей принцип равномерности, будет такая система разведки, при которой каждая из разведочных скважин оценивает примерно одинаковый объем нефтегазонасыщенного резервуара. Таким образом, принцип равномерности следует реализовать путем равномерного размещения скважин не по площади, а по отношению к объему залежи.

Для наиболее эффективной реализации заложенного в проекте принципа равномерности в процессе разведочных работ необходимо проводить систематическую корректировку проекта, базирующуюся на промежуточных обобщениях всей геолого-геофизической информации, полученной в процессе разведки к моменту корректировки и построения соответствующих объемных моделей, отражающих уровень изученности залежи (резервуара). Поэтому реализация принципа равномерности на первой стадии будет достигаться для отдельных групп скважин в различных частях залежи, а на заключительных этапах создастся возможность бурения каждой из скважин в центре зон равных объемов. Кроме того, в процессе разведки должен изменяться и сам принцип равномерности. Если на первых ее этапах он может быть реализован только путем равномерного размещения по отношению к объему залежи, то на последующих этапах он может осуществляться путем неравномерного размещения по отношению к удельным запасам или к показателю эффективного объема (произведение эффективной мощности на пористость и нефтегазонасыщенность $K_p \cdot N_{эф} \cdot K_n$).

Последовательность реализации принципа равномерности должна зависеть от сложности строения разведываемого объекта и объема имеющейся информации. Для залежей, связанных с простыми по морфологии и хорошо картируемыми геофизической структурами и однородными по внутреннему строению резервуарами, принцип равномерного размещения скважин по отношению к объему можно применять сразу же после завершения поисковых работ. В случае же залежей в сложных по строению резервуарах и ловушках для подготовки месторождения к разведке необходимо проводить дополнительный комплекс буровых работ с целью получения информации о характере распределения запасов по площади.

Запроектированная система размещения разведочных скважин должна осуществляться в последовательности, обеспечивающей максимальный прирост информации, необходимой для выявления особенностей морфологии ловушки и закономерностей построения объемной модели разведываемой залежи. Эту задачу можно решать путем выделения зон максимальной неопределенности и бурения в их пределах единичных скважин. После получения данных по каждой новой скважине объемная модель залежи должна уточняться, а в

связи с этим необходимо корректировать сеть разведочных скважин. Чем большие изменения будут внесены в объемную модель, тем большим исправлениям должна подвергнуться система размещения скважин. В связи с этим конечная сеть скважин может лишь приблизительно отвечать принципу равномерности, причем степень соответствия будет увеличиваться по мере приближения к завершающей стадии. Вполне вероятно, что принцип равномерности будет достигнут не для каждой разведочной скважины, а в целом для отдельных зон и участков разведываемой залежи.

Осуществление идеально равномерного по объему изучения интересующих нас свойств залежи возможно лишь при фиксированных обоснованных представлениях об объекте и одновременном размещении требуемого числа скважин. В процессе же разведки практически после бурения каждой скважины или отдельных их групп представление об объекте меняется. В связи с этим равномерное для предшествующего уровня знаний размещение оказывается неравномерным после получения информации по новым скважинам. Возникает задача поддержания равномерности на максимально возможном уровне при последующем шаге разведки. Таким образом, равномерность разведочной сети надо рассматривать как величину переменную, которая может изменяться в процессе разведки.

Неравномерные по площади и равномерная по отношению к объему сеть разведочных скважин рациональны и с точки зрения эксплуатации месторождений. Эффективность размещения эксплуатационных скважин в центрах зон равных объемов обусловлена: увеличением сроков работы скважин; увеличением суммарной добычи по скважинам; лучшей дренируемостью объема, залежи; сокращением линий обустройства промыслов.

Таким образом, неравномерные по площади разведочные сети отвечают многим требованиям, предъявляемым к эксплуатационным сетям. В связи с этим решение многих задач разведки (в особенности газовых месторождений) может осуществляться не только бурением чисто разведочных скважин, но и опережающим эксплуатационным бурением с размещением скважин равномерно по отношению к объему (в центрах зон равных объемов). При этом в обязательном порядке предусматривается получение по этим скважинам всего объема информации, необходимой для подсчета запасов.

Применение разведочных сеток с определенным расстоянием между выработками основано на многолетней практике и является типичной разведкой «по аналогии». Следует помнить, что для созда-

ния более точных разрезов необходимо, чтобы разведочные выработки располагались на линиях. Даже в будущем, с ростом учения о поисках и разведке и особенно разведочной геофизики, когда глубокие разведочные выработки будут задаваться для проверки лишь в единичных пунктах, последние должны будут в совокупности составлять разведочную линию.

Одно из основных отличий предварительной разведки от детальной в методическом отношении состоит в различной плотности сети разведочных выработок. В начальную стадию предварительной разведки выработки закладывают на больших расстояниях одна от другой, стремясь охватить по возможности все месторождение и оконтурить его хотя бы с небольшой степенью точности. Затем сеть выработок сгущают, иногда в несколько приемов, доводя до максимальной плотности в период эксплуатации месторождения, когда от разведки требуются наиболее точные данные. Это сгущение надо осуществлять руководствуясь знаниями, полученными при проходке первой сети выработок.

Каждая новая разведочная выработка закладывается с использованием данных всех предыдущих выработок, но из соображений выигрыша времени (четвертый принцип разведки) нужно параллельно проходить все выработки, заложение которых так или иначе неизбежно.

Сгущение разведочной сети обычно производится следующими способами:

- 1) уменьшением расстояния между выработками вдвое;
- 2) способом «конверта»;
- 3) путем перехода с одного вида сети на другой.

Интенсивность сгущения разведочной сети может быть различной в зависимости от вида сети и от способа сгущения. Сеть может быть уплотнена за один прием вдвое, втрое, вчетверо.

Список литературы:

1. Лысенко, В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Проектирование и анализ; М.: Недра - Москва, 2013. - 638 с.
2. Лысенко, В.Д.; Грайфер, В.И. Разработка малопродуктивных нефтяных месторождений. Development of low-productive oil deposits. На русском и английском языках; М.: Недра - Москва, 2011. - 565 с.
3. Покрепин Б. В. Разработка нефтяных и газовых месторождений; Учебно-методический кабинет по горному, нефтяному и энергетическому образованию, ФГОУ - Москва, 2010. - 232 с.
4. Покрепин Б. В. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин; ИнФолио - Москва, 2011. - 496 с.

АРИСТЕЙ, КОТОРЫЕ БЫЛИ УПОМЯНУТЫ ПТОЛЕМЕЕМ.

Хомиджонова М.А.

студенка исторического факультета ФерГУ

РЕЗЮМЕ

В статье анализируются научные литературы дается информация о племени аристеев, который является частью саков.

Ключевые слова: саки, аристеи, аравансайский оазис, семиречинская, приаральская и памиро-ферганская группа, Эрши, «южносибирский» тип.

РЕЗЮМЕ

Мақолада илмий адабиётлар таҳлили орқали саклар таркибига кирувчи аристей кабиласи тўғрисида маълумот берилган.

Калит сўзлар: саклар, аристейлар, аравансой воҳаси, еттисув, оролбўйи ва помир-фарғона гуруҳи, Эрши, “жанубий сибир” тип.

RESUME

The article analyzing scientific literatures provides information about the Aristean tribe, which is part of the Sakas.

Key words: saki, aristeas, the arawansay oasis, the semerechinskaya, aral and pamir-fergana groups, Ershi, the «South Siberian» type.

Одной из важнейших проблем древней истории Востока, в первую очередь Средней Азии, является сакская проблема.

В археологической и исторической науке этому вопросу посвящено немало общих и частных исследований, среди которых первым наиболее обстоятельным трудом был труд В. Григорьева «О скифском народе саках» [6].

Оставляя в стороне полную историю вопроса изучения саков, следующим этапом в интерпретации текстов письменных источников являются работы В. В. Струве в области политической истории саков, С. П. Толстова – по истории их расселения и этногенеза, работы К. В. Тревер по истории культуры, а также многие другие исследования [6; 8; 9; 11; 12; 14].

Прежде чем перейти к проблеме аристеев мы кратко остановимся о саках.

Саки – под этим названием античные и древнеперсидские источники объединяли как европейских, так и азиатских кочевников, часто отождествляя их со скифами (по Геродоту, «Саки... они же скифы... персы всех скифов зовут саками» [10, с. 85]). Китайские источники подразумевали под саками население восточной части Средней Азии. Авторы 80-х годов XX века считают, что в пределах Средней Азии и Семиречья в середине первого тысячелетия до н. э. существовали три крупные группы кочевых сакских племен: семиречинская, приаральская и памиро-ферганская, образовавшие крупную сакскую этническую общность. Как отмечает известный историограф «...Сакский эпос лежит в истоках эпоса народов Средней Азии и Ирана. Значительна роль сакского пласта в их этнической истории. Вопрос о степени этногенетического и языкового родства и близости культур саков и скифов и в значительно более широком диапазоне всего «скифского мира» требует дальнейшего изучения» [10, с. 86] и в этой сфере, как нам уже известно, продолжают работы до сегодняшнего времени [11; 13].

50-е годы XX столетия обширные работы по археологическому изучению Семиречья и Центрального Тянь-шаня дали ученым возможность выявить археологические комплексы, которые они и предложили именовать сакскими [5]. А. Н. Бернштам в свое время останавливался на некоторых вопросах саков, а именно: 1) на генезис и племенной состав восточной группы саков, саков зяксартских; 2) на локальные особенности трех основных групп: а) тяньшано-памирских, б) фергано-алайских, в) яксарто-каратауских, т. е. сырдарьинских [5, с. 208].

Много не задерживаясь на этой проблеме, мы хотели бы рассмотреть краткую историю племен аристеев, которые, по нашему мнению тоже как и другие племена входили в состав саков, как нам кажется обитавшие в юго-восточной части Ферганской долины, а точнее в аравансайском оазисе.

Но в источниках и во многих научных публикациях авторы или исследователи мало упоминают о племени аристеи [1, с. 216; 2, с. 528; 4, с. 7, 12; 5, с. 190, 207, 211, 214, 216; 10, с. 198; 15, с. 56]. Б. В. Лунин в книге «История Узбекистана в источниках» приводит только очень краткое сведение Клавдия Птолемея: «В этой местности близ Оксийских гор живут пазики, в северном отрезке Яксарта – ятии и тохары, под ними – авгалы, далее за Согдийскими горами – оксидранки, дрибакты и кандары, под горами – мардиены, у Окса – оксиане и хоразмии, к востоку от них – дрепсианы, до обеих рек; еще восточнее – аристеи у Яксарта и кирродеи у Окса; ...» [10, с. 198]. Из этого можем считать, что позднееэллинистические авторы уже были уведомлены о населении Ферганской долины. В частности и про аристеев тоже. Хотя эти данные не дают полную политическую и социальную историю этих племен, методом сопоставления и анализируя исторические источники мы можем, восстановит исторический процесс того времени.

Исходя из данных более поздних античных авторов, можно выяснить с большей или меньшей

определенностью местоположение и других племен. По Сырдарье, ближе к западной части Ферганы, так же как и в соседнем Ташкентском оазисе, жили племена скифы-абии «водные», позднее получившие по имени реки, по берегам которой они жили, наименование яксарты. Они проживали вдоль Сырдарьи и к северу от нее и входили, вероятно, в конфедерацию заяксартских саков, которые именовались саки хаомоварга, или амюргии. К югу от париканиев, у склонов Туркестанского хребта и в межгорных долинах малого Алая жили племена аристеи, по имени которых в средние века эта горная страна называлась Рашт. Долину Чон-алая и далее на запад, Каратегин, заселяли тоже скифские племена – кумеды [4, с. 7]. Как пишет А.Н. Бернштам, по Фергане были расселены племена париканиев, от имени которых происходит современное название долины Паргона – Фергана; на юге Ферганы были племена аристеи [3, с. 85]. Таковы были основные племенные группы древней Ферганы накануне выхода ее на политическую арену.

Во II в. до н. э. ее завоевали усунь, племена Тянь-шаня, образовавшие на ее территории кушанское государство, впоследствии распространившееся далеко за пределы Ферганы. В династийном названии кушан А.Н. Бернштам устанавливает закономерное изменение племенного имени усунь, тяньшаньских завоевателей Ферганы [4, с. 9-10]. Мы думаем, что эти племена жили в очень тесно связанном контакте, т.е. взаимосвязи друг с другом с эпохи бронзы до раннего средневековья и во все времена своего существования.

Наряду с земледелием существенное место в экономике Ферганы, точнее даваньского периода, занимало скотоводство пастушеского типа. Это засвидетельствовано указанием на разведение высокоценной породы лошадей с различными наименованиями (шаньма, тяньма и др.). Скот содержался не только на естественных выпасах, было известно и стойловое содержание, о чем говорят посевы люцерны. Разведение лошадей играло большую роль в жизни ферганцев. О существовавшем в Давани культе лошади можно судить по наскальным изображениям у г. Ош на скалах Айрымач-тау и у села Араван. Как считают некоторые ученые, лошадей разводили именно племена аристеи. Это отразилось в наскальных изображениях у древней столицы Ферганы, города Эрши (развалины в городе Мархамат, Мархаматского района, Андижанской области). Имя города Эрши есть не что иное, как китайское произношение племенного названия Арист. В статье о Фергане В.Бартольд отмечал, что «название племени аристеев, по видимому, соответствует названию реки и округа Урест около Оша» [1, с. 528]. Город Арист – Эрши как раз и славился своими лошадьми.

Аристеи, как и другие племена Ферганы, были скифского происхождения, и эта связь с кочевничеством не была утрачена ферганцами в II-I вв. до н. э. Еще Чжан Цянь упоминал, что они «искусны в конной стрельбе» [4, с. 11-12].

Как мы уже выше упоминали имя скифов-аристеев запечатлено топонимикой средних веков

Урест, Урешт, Рашт [1, с. 216; 2, с. 528] и выразительной иконографией на Араванской скале с изображением лошадей, которых разводили скифы и их преемники.

Для нас представляет интерес, что вблизи Оша В.Бартольд отмечает город и реку Урест. Ссылаясь на Птолемея он писал: «Река Урест один из притоков Сырдарьи, по видимому тождественна с Ошской рекой (Ак-Бура), которая по рукописи Туманского протекала между Ошем и Урестом» [1, с. 216]. Видимо все авторы включая В.Бартольда когда писали про аристеев они ссылались Птолемию, единственному автору которые дает информацию об этих племенах.

Вскрытие курганов Тулейкенской группы подтвердил принадлежность этой группы курганов к скифской эпохе VI-IV вв. до н. э. и, тем самым, к группе племен аристеев. Раскопка кургана в урочище Чакмак (бассейн р. Гульча), в дополнение к раскопкам А.Бернштама в 1946 г., обнаружила два костяка – мужчины и женщины под небольшой курганной насыпью, диаметром 5 м, перекрывающей квадратную выкладку 2х2м. Учитывая конструкцию погребения и находку в 1946 г. в аналогичной могиле бронзового, круглого в сечении шила типа булавки с головой (Чакмакский могильник) и сопоставляя это с находкой 1947 г., погребение А.Бернштам относит ко времени ранних саков, к VI-V вв. до н.э. Весьма важно подчеркнуть, что здесь ученые наблюдают «южносибирский» тип захоронения в тяньшанском варианте (квадратная выкладка с плоской полусферической насыпью) и сако-усунский вид посуды с типичной для Ферганы монокромной красной раскраской. Эти явления инфильтрации тяньшанских культурных элементов были прослежены и при раскопках курганов в Тулейкенской группе. Судя по исторической топографии этого района, исследованного в 1946 г., курганы Тулейкенской группы должны были относиться к скифскому времени, и принадлежать скифам-аристеям.

Из этого можно полагать, что аристеи принадлежали скифскому кругу племен саков, которые в период Ф II/2 заселяли юго-восточную Фергану. Как видно из некоторых исследований про аристеев сведения малочисленны и очень скудны. Если посмотреть информации о аристеев источники оповещают про них в основном 50-е годы XX века, и следующие сведения были известны только после 80-х годов XX столетия, а самые последние только в 2000 и 2017 годах [16, с. 62].

В заключении можно сказать что: 1) в источниках и во многих научных публикациях авторы или исследователи мало упоминают о племени аристеев, и как мы считаем, что новые исследования аристеевской культуры это проблема будущего; 2) Аристеи, как и другие племена Ферганы, были скифского (сакского – Х. М.) происхождения, и эта связь с кочевничеством не была утрачена во II-I вв. до н. э. ферганцами; 3) Если для тяньшанской группы ведущими племенами являлись исседоны, то на ферганоалайской почве мы та-

кими ведущими племенами склонны считать аристеев. Имя аристеев запечатлено древней и средневековой топонимикой в китайской форме Эрши, арабо-персидской Урест, Рашт и т.д.

Литература:

1. Бартольд В.В. Туркестан в эпоху монгольского нашествия. Сочинения. Том 1. Издат. Восточной литературы, 1963.
2. Бартольд В.В. Работы по исторической географии. Сочинения. Том 3. Издат. Восточной литературы, 1965.
3. Бернштам. А.Н. Очерк истории гуннов / А.Н. Бернштам. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1951. – 262 с.
4. Бернштам А.Н. Древняя Фергана (научно-популярный очерк) – Т.: Издат АН УзССР, 1951.
5. Бернштам А.Н. Историко-археологические очерки Центрального Тянь-шаня и Памиро-Алая. МИА, №26. Издат. АН СССР, - М.,-Л., 1952.
6. Воронец М., Тревер К.В., Якубовский А.Ю. История Узбекистана. т. 1. – Ташкент, 1950.
7. Григорев В. О скифском народе саках. Типография Императорской Академии Наук, 1871. – 211 с.

8. Кочевники Евразийских степей и античный мир (проблемы контактов) // Материалы 2-го археологического семинара. – Новочеркасск., Музей истории донского казачества, 1989. – 156 с.

9. Литвинский Б.А. Кангюско-сарматский фарн (к историко-культурным связям племен южной России и Средней Азии). – Душанбе. Дониш, 1968.

10. Лунин Б.В. История Узбекистана в источниках. - Т.: Фан, 1984. – С. 85.

11. Степная полоса Азиатской части СССР в скифско-сарматское время. – М., Наука, 1982. – 493 с.

12. Струве В.В. Восстание в Маргиане при Дарии I. МЮТАКЭ, вып. 1, Ашхабад, 1949.

13. «Саки и савроматы Казахских степей: контакт культур» // Сборник научных статей, посвященный памяти Бекена Нурмуханбетова. Алматы, 2016. – 252 с.

14. Толстов С.П. Древний Хорезм. М., 1948.

15. Хўжаев А. Фарғона тарихига оид маълумотлар. – Фарғона. Фарғона, 2013.

16. Аюбов А.Р. Население древней Ферганы: Саки или Парикане? // Номаи донишгоҳ. Учёные записки. Scientific notes. №3 (52). 2017. – С. 61-66.

СОЛНЕЧНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРО И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тожибоев Абдор Кахарович
Ферганский политехнический институт

Аннотация

В статье рассматриваются конструктивные особенности и принципы работы комбинированной солнечной установки для электро и теплоснабжения технологических процессов. Исследованы основные параметры где исходными данными для выбора геометрических, оптических и энергетических параметров, а также конструктивных материалов для комбинированных систем, состоящих из поля плоских и параболических коллекторов.

Ключевые слова: особенность, технологический процесс, диапазон рабочей температуры, горячее водоснабжение, система, циркуляция, бак-аккумулятор, сумма, солнечная энергия, промышленные предприятия, компьютерные программы.

Abstract

The article discusses the design features and principles of operation of a combined solar installation for electricity and heat supply of technological processes. The main parameters where the source data for the selection of geometric, optical and energy parameters, as well as structural materials for combined systems consisting of a field of flat and parabolic cylindrical collectors, are investigated.

Keywords: feature, technological process, range of working temperature, hot water supply, system, circulation, storage container, sum, solar energy, industrial enterprises, computer programs.

Основными характерными особенностями солнечных установок для теплоснабжения технологических процессов являются следующие параметры:

- большой разброс установленной энергетической мощности установок от 0,5 кВт до 1000 кВт и более и связи с этим модульности конструкций крупных систем данного типа;

- широкий диапазон рабочей температуры: 60÷100°C - для горячей воды, 100÷170°C - для низкотемпературного пара и 170÷300°C - для пара средней температуры;

- использование высокоэффективных плоских (вакуумных) и параболических концентраторов средней точности, увеличивающих концентрации солнечных лучей в 25÷50 раз;

- применение селективно-покрытых теплоприемников с вакуумной прозрачной тепловой изоляцией для рабочих температур 150÷300°C и более простых, но достаточно эффективных конструкций теплоприемников для рабочих температур 60÷150°C;

- применение автоматики для систем слежения концентраторов и управления энергетической установки, в целом;

- применение дополнительного энергетического оборудования: парогенераторов, дублеров тепла, паровых турбин или тепловых машин, фото-термогенераторов и др.

Исходными данными для выбора геометрических, оптических и энергетических параметров, а также конструктивных материалов для комбинированных систем, состоящих из поля плоских и парабоцилиндрических коллекторов, являются требуемая энергетическая мощность, рабочая температура, климатические данные местности и эффективность применяемого дополнительного энергетического оборудования. При этом учитываются взаимосвязь этих параметров, технические и технологические характеристики завода-изготовителя, а также экономические возможности потребителя.

В целом, выбор геометрических, оптических и энергетических параметров комбинированных систем, состоящих, из поля плоских и парабоцилиндрических коллекторов, зависит от многочис-

ленных факторов, что требует проведения оптимизационных расчетов для каждого выбранного параметра. В настоящее время наиболее характерными для солнечных комбинированных систем применяемые для теплоснабжения технологических процессов промышленных предприятий являются приблизительно следующие параметры: площадь - $10 \div 100 \text{ м}^2$, зеркально-отражающие материалы с коэффициентом отражения - $0,85 \div 0,9$, степень концентрации - $25 \div 50$; вакуумный или простой селективный коллектор с коэффициентом поглощения - $0,9 \div 0,95$ и коэффициентом излучения $0,1 \div 0,5$, тепловая эффективность - $0,4 \div 0,70$.

Большинство солнечных комбинированных систем горячего водоснабжения промышленных и коммунальных предприятий работают по тепловой модели, показанной на рис.1, и состоят из следующих основных компонентов: плоских и парабоцилиндрических коллекторов, бака-аккумулятора, циркуляционных насосов и дублера горячего водоснабжения, Система обеспечивается горячей водой с температурой $60 \div 100^\circ\text{C}$.

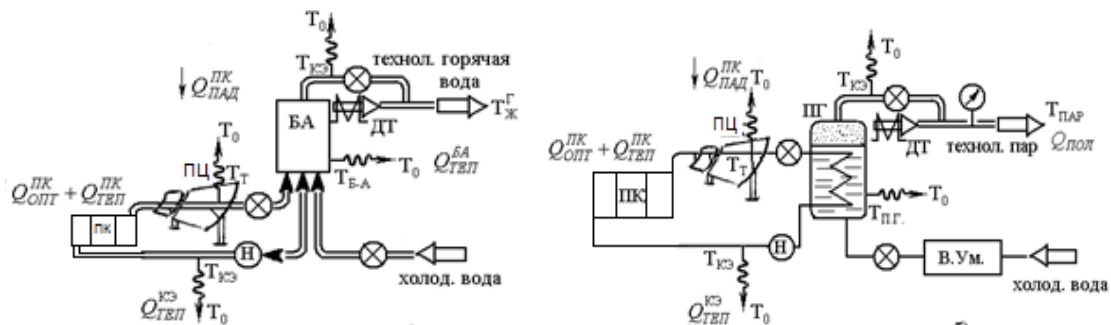


Рисунок 1. Схема комбинированной солнечной энергетической установки, состоящей из плоских и парабоцилиндрических коллекторов [1,3].

Система горячего водоснабжения выполнена по одноконтурной схеме, т.е. нагретая вода в плоских и парабоцилиндрических коллекторах поступает в бак-аккумулятор горячей воды. Вода из центральной водопроводной сети поступает в нижнюю часть бака-аккумулятора, а отбор горячей воды для технологических процессов осуществляется из верхней части бака. Защита от замерзания системы осуществляется сливом воды из коллекторов.

При падении температуры воды ниже требуемой рабочей температуры для технологического процесса T_2^m включается дублер ДТ, который будет греть воду, поступающую из аккумулирующего бака.

Работа системы осуществляется следующим образом. Циркуляция воды через поле коллекторов происходит в том случае, если равновесная температура T_∞ поглощающей поверхности теплоприемника больше температуры T_B в нижней части бака-аккумулятора на величину ΔT , обусловленного перепадом температур в магистральных трубопроводах этого контура

$$T_\infty \geq T_B + \Delta T \tag{1}$$

Отбор горячей воды из верхней части бака-аккумулятора осуществляется расходом m_r . Из рис.1 видно, что расход m_r определяется следующим образом:

$$m_r = m_G^T \text{ при } T_B \leq T_G^T$$

и из равенства

$$m_r \cdot C_p \cdot T_B + (m_G^T - m_r) C_p \cdot \tau_{x.в} = m_G^T \cdot C_p \cdot T_G^T \tag{2}$$

определяем

$$m_r = m_r^T \frac{(T_G^T - T_{x.в})}{(T_B - T_{x.в})} \text{ при } T_B > T_G^T \tag{3}$$

где: T_G^T, m_r^T - температура и расход воды, определяемые графиком нагрузки технологического процесса;

$T_{x.в}$ - температура воды подпитки из центральной водопроводной сети.

При описании математической модели солнечных комбинированных систем, были сделаны сле-

дующие допущения: пренебрежение неравномерностью распределения потока солнечной энергии между коллекторами; не учитываются потери тепла с поверхности соединительных трубопроводов; опираясь на результаты предварительных расчетов, пренебрегают градиентом температур по периметру и потерями тепла по теплопроводности к

поддерживающим элементам конструкции теплоприемника. Эти допущения позволяют существенно упростить математическую модель системы, и рассматривать плоские и параболоцилиндрические коллекторы как единый коллектор.



Рисунок 2. Схема для определения m_r [2].

Для рассмотрения энергетического баланса во времени, расчетный период эксплуатации системы разбивается на N равных частей с шагом $\Delta\tau$, для каждого τ_i момента времени ($i = 1, 2, \dots, N$) в начале шага рассматривается тепловой баланс каждого элемента системы. При этом основные зависимости, используемые при расчете каждого компонента системы в момент времени τ_i и функциональная связь между элементами, приведены ниже.

Блок плоских и параболоцилиндрических коллекторов. Для определения полезного тепла $Q_{пол}^{nk}$, поступающего в бак-аккумулятор от плоских и параболоцилиндрических коллекторов, используется уравнение баланса энергии коллектора, выраженное через равновесную температуру поглощающей поверхности коллектора T_∞ и температуры T_B в нижней части бака:

$$Q_{пол}^{nk} = F_3 \cdot F_R \cdot U_L \cdot C^{-1} (T_\infty - T_B) \quad (4)$$

Равновесная температура T_∞ поглощающей поверхности коллектора определяется по формуле [4]

$$T_\infty = T_O + \frac{E_O \cdot \eta_O \cdot K_{зан} \cdot C}{U_L}, \quad (5)$$

где: $K_{зан}$ - коэффициент, учитывающий запыление поверхности поле коллекторов.

При расчете плотности потока прямой солнечной радиации используются, в основном, способы ориентации плоских и вращающихся вокруг горизонтальной оси Север-юг или Восток-запад параболоцилиндрических коллекторов.

Потери тепла, связанные с частичным кипением и испарением воды, определяются по формуле:

$$Q_{исп}^{nom} = Q_{пол}^{nk} - m_k \cdot C_P (T_u - T_B), \quad (6)$$

где: T_u - температура кипения воды;

m_k - расход воды в контуре системы.

Расход испаренной воды определяется по известной формуле:

$$m_u = Q_u / r. \quad (7)$$

С учетом (7) температура воды на выходе из теплоприемника параболоцилиндрического коллектора определяется по формуле:

$$T_k^{вых} = T_B + \frac{(Q_{пол}^{nk} - Q_{исп}^{nom})}{m_k C_P}. \quad (8)$$

В конечный момент времени τ_k расчетного периода эксплуатации системы определяются следующие величины, характеризующие баланс энергии нагрева воды в плоских и параболоцилиндрических коллекторах:

1. Сумма падающей (прямой составляющей) солнечной радиации $(Q_{над})_\Sigma$ на перпендикулярную лучам поверхность коллектора:

$$(Q_{над})_\Sigma = \sum_{i=1}^N (E_{oi} \cdot F_3 \cdot \Delta\tau \cdot 10^{-3}). \quad (9)$$

2. Суммарная солнечная энергия $(Q_{noz})_{\Sigma}$, поглощенная в поле (теплоприемнике) коллектора:

$$(Q_{noz})_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N (E_{oi} \cdot F_3 \cdot \eta_o \cdot \Delta \tau \cdot 10^{-3}). \quad (10)$$

3. Суммарные оптические потери в плоских и параболоцилиндрических коллекторах

$$(Q_{onm}^{nom})_{\Sigma} = (Q_{nad})_{\Sigma} - (Q_{noz})_{\Sigma}. \quad (11)$$

4. Солнечная энергия $(Q_{noz})_{u,n}$, поглощенная при работе циркуляционного насоса воды через коллектор. Величина $(Q_{noz})_{u,n}$ определяется с использованием уравнения (2.258) при выполнении условия $T_{\infty} \geq T_B + \Delta T$.

5. Суммарное количество тепла $(Q_{пол}^{nk})_{\Sigma}^B$, поступающее в бак-аккумулятор из плоских параболоцилиндрических коллекторов

$$(Q_{пол}^{nk})_{\Sigma}^B = \sum_{i=1}^N Q_{поли}^{nk} \Delta \tau \cdot 10^{-3} = \sum_{i=1}^N [(m_k - m_u) C_P (T_k^{6blx} - T_B) \cdot \Delta \tau \cdot 10^{-3}]. \quad (12)$$

6. Тепловые потери в коллекторах $(Q_{мен}^{nom})_{нв}^{m.c}$, обусловленные невозможностью теплосъема теплоносителем поглощенной солнечной радиации при условии $T_{\infty} < T_B + \Delta T$.

$$(Q_{мен}^{nom})_{нв}^{m.c} = (Q_{noz})_{\Sigma} - (Q_{noz})_{\Sigma} - (Q_{noz})_{u,n}. \quad (13)$$

7. Суммарные потери тепла $(Q_{мен}^{nom})_{\Sigma}$ с учетом потери тепла $(Q_{мен}^{nom})_u$ частично испаренной водой при расходе m_u

$$(Q_{мен}^{nom})_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N [(m_{ui} \cdot C_P)(T_u - T_B) + (Q_{мен}^{nom})_{нв,i}^{m.c}] \Delta \tau \cdot 10^{-3}. \quad (14)$$

8. Тепловые потери в коллекторе при работе насоса:

$$(Q_{мен}^{nom})_{u,n} = (Q_{noz})_{u,n} - (Q_{пол}^{nk})_{\Sigma}^B - (Q_{мен}^{nom})_{\Sigma}. \quad (15)$$

Бак-аккумулятор тепла. Для упрощения математической модели бака-аккумулятора тепла запишем уравнение баланса тепла без учета стратификации и потерь тепла с поверхности бака:

$$M_B \cdot F_3 \cdot C_P \frac{dT_B}{d\tau} = (m_k - m_u) C_P (T_k^{6blx} - T_B) + (m_r + m_u) (T_{x.с} - T_B). \quad (16)$$

где: M_B - масса воды в баке-аккумуляторе на 1 м² площади коллектора, кг/м².

Интегрируя уравнение (16) по модели Эйлера, определяем температуры T_{Bi+1} воды в конце шага времени:

$$T_{Bi+1} = T_{Bi} + \frac{\Delta \tau}{M_B \cdot F_3} [(m_k - m_u) (T_{ki} - T_{Bi}) + (m_{ri} + m_{ui}) (T_{x.с} - T_{Bi})]. \quad (17)$$

Дублер горячего водоснабжения. Суммарное количество энергии $(Q_D)_{\Sigma}$, расходуемой на догрев воды дублером в контуре нагрузки до температуры T_{Γ}^T в течение расчетного периода эксплуатации системы, определяется по формуле:

$$(Q_D)_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N [m_{\Gamma i}^T \cdot C_P (T_{\Gamma}^T - T_{Bi}) \cdot \Delta \tau \cdot 10^{-3}]. \quad (18)$$

Контур нагрузки горячего водоснабжения. Суммарное количество энергии $(Q_H)_{\Sigma}$, отводимое к потребителю с расходом воды нагрузки m_{Γ}^T , определяется следующим уравнением:

$$(Q_H)_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N [m_{\Gamma}^T \cdot C_P \cdot \Delta \tau (T_{\Gamma}^T - T_{x.с}) \cdot 10^{-3}] = (Q_H)_{\Sigma} \cdot N_{\varepsilon}. \quad (19)$$

где: $(Q_n)_{сут}$ - суточная тепловая нагрузка горячего водоснабжения, кВт ч/сут;

N_9 - количество дней работы системы в течение периода эксплуатации, сут/год.

Кроме того, в конечный момент времени τ_k , определяется суммарное количество солнечного тепла, поступающего на нагрузку из системы и обеспечиваемого за счет использования солнечной энергии.

$$(Q_c)_\Sigma = \sum_{i=1}^N [m_r \cdot C_p (T_B - T_{x.в}) \Delta \tau \cdot 10^{-3}]. \quad (20)$$

По выше приведенной разработанной тепловой и математической модели создаются пакет компьютерных программ по расчету и оптимизацию режимов работы комбинированных систем с учетом экспериментального и расчетного определения параметров плоских и параболоцилиндрических коллекторов в широком диапазоне эксплуатационных условий.

Использованная литература:

1. Мухитдинов М.М., Эргашев С.Ф. «Солнечные параболоцилиндрические установки» Изд. «Фан», г. Ташкент, 1995 г., 230 с.
2. Эргашев С.Ф., Орунов Б. Методы расчёта параболоцилиндрических концентраторов и приёмника солнечной теплоэнергетической установки. Гелиотехника №4, с. 20-26, 2004 г.
3. Эргашев С.Ф. Солнечная параболоцилиндрическая установка для водо- и теплоснабжения, «Проблемы энерго- и ресурсосбережения» специальный выпуск, г. Ташкент, 2011 г.

ВЫБОР СХЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ И СВАРКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Хаскин Владислав Юрьевич
доктор технических наук,

- Ведущий научный сотрудник Китайско-украинского института сварки им. Е.О.Патона
(Гуандунский Институт сварки), Гуанчжоу, Китай,

- Ведущий научный сотрудник Института электросварки им. Е.О.Патона Национальной академии наук Украины, Киев, Украина

Бернацкий Артемий Владимирович
Ведущий научный сотрудник

Института электросварки им. Е.О.Патона Национальной академии наук Украины, Киев, Украина

Коржик Владимир Николаевич
доктор технических наук,

- Директор по науке Китайско-украинского института сварки им. Е.О.Патона
(Гуандунский Институт сварки), Гуанчжоу, Китай,

- Руководитель отдела Института электросварки им. Е.О.Патона Национальной академии наук Украины, г. Киев, Украина

Чижевская Татьяна Григорьевна

Старший преподаватель НТУУ «Киевский Политехнический Институт»
им.И.Сикорского, Киев, Украина

Доляновская Ольга Валерьевна

Старший преподаватель НТУУ «Киевский Политехнический Институт»
им.И.Сикорского, Киев, Украина

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены различные технологические схемы процессов гибридной сварки и резки металлов и сплавов. Показано, что применение технологической схемы лазерно-плазменной резки и сварки с коаксиальным подведением обоих источников энергии с одной стороны обрабатываемой детали приводит к появлению так называемого гибридного эффекта, который заключается в «привязке» анодного пятна дуги к зоне действия излучения, стабилизации ее горения в гибридном процессе при токах до 300 А и снижении напряжения на дуговом промежутке из-за повышения его электропроводности за счет перегрева плазмы лазерным излучением, что позволяет значительно увеличить скорости процессов резки и сварки без повышения погонной энергии. Применение технологических схем лазерно-плазменной резки и сварки с наклонным расположением обоих составляющих гибридного процесса, подводимых с одной стороны обрабатываемой детали, также приводит к появлению гибридного эффекта, но при этом он может быть менее явно выраженным, а также возникает опасность повреждения деталей оборудования (например, оптических элементов) отраженным от рабочей зоны излучением.

Ключевые слова: лазерно-плазменные технологии, резка, сварка, металлы, технологические схемы, гибридный эффект, повышение скорости.

SUMMARY: The article deals with various technological schemes of processes of hybrid welding and cutting of metals and alloys. Shows that the application of the technological scheme of laser-plasma cutting and welding with coaxial summing of both energy sources on one side of the workpiece leads to the appearance of the so-called hybrid effect, which consists in "binding" the anode spot of the arc to the radiation zone, stabilizing its combustion in the hybrid process at currents up to 300 A and reducing the voltage at the arc gap due to the increase of its electrical conductivity due to overheating of the plasma by laser radiation, this allows to significantly increase the speed of cutting and welding processes without increasing the running energy. The use of technological schemes of laser-plasma cutting and welding with an inclined arrangement of both components of the hybrid process, supplied from one side of the workpiece, also leads to a hybrid effect, but it can be less pronounced, and there is a risk of damage to parts of the equipment (for example, optical elements) reflected from the working area radiation.

Keywords: laser-plasma technologies, cutting, welding, metals, technological schemes, hybrid effect, speed increase.

В конце 1970-х годов английский коллектив исследователей под руководством профессора Стина (W. M. Steen) показал перспективность совмещения лазерного и дугового (плазменного) процессов в пределах общей ванны расплава металла для решения задач сварки и резки. Так появилось инновационное направление исследования и применения гибридных лазерно-дуговых (лазерно-плазменных) процессов. Идея совместно использовать лазерный пучок и электрическую дугу для сварки, резки и других видов обработки металлов таким образом, чтобы оба источника тепла воздействовали на изделие в пределах одной зоны нагрева, принадлежит, который защитил свое изобретение рядом патентов (например, [1,2]). Он предложил способы сварки, резки, сверления и обработки поверхности, при которых на обрабатываемое изделие направляют лазерный пучок и одновременно в зоне теплового воздействия лазерного излучения возбуждают дугу между электродом и изделием. Совместно с другими учеными он также выполнил первые экспериментальные исследования эффектов лазерно-дугового (лазерно-плазменного) воздействия на обрабатываемый металл [3-5] и впервые промышленно применил гибридную сварку [6].

Схема проведения первых экспериментов по исследованию лазерно-дуговых (лазерно-плазменных) процессов сварки и резки металлов приведена на рис.1. Согласно данной схеме непрерывное излучение CO₂-лазера диаметром 10 мм и мощностью до 2 кВт с помощью КСl-линзы с фокусным расстоянием 75 мм фокусировалось на поверхность образца в пятно размером 0,25...0,35 мм. При этом сфокусированное излучение проходило через отверстие в медном сопле диаметром 3 мм в экспериментах по сварке или 1 мм в экспериментах по резке. Через сопло лазерной головки в зону обработки подавался гелий или кислород, соответственно для сварки или для резки. В качестве источника питания дуги использовался аппарат для сварки неплавящимся электродом в инертном газе при токах до 250 А (либо сварочный генератор на ток до 400 А в комплекте с осциллятором). Дуговая горелка могла быть установлена как с той же стороны образца, на которую направлялся лазерный пучок, так и с противоположной (см. рис.1). Вольфрамовый электрод горелки, защищаемый потоком аргона, во всех экспериментах был катодом, а изделие – анодом.

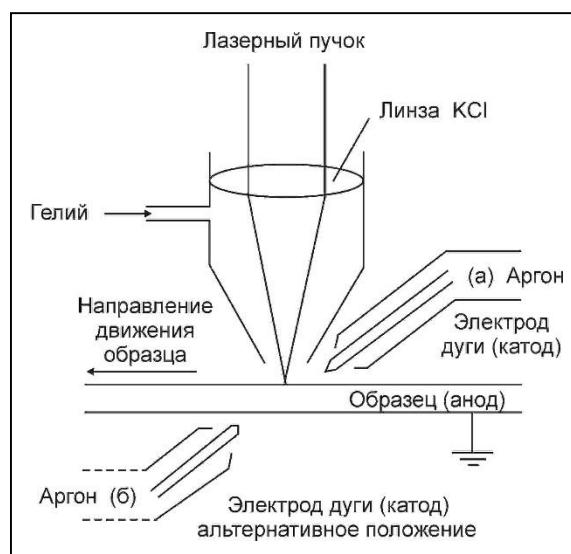


Рис.1. Схемы реализации лазерно-дуговых процессов сварки и резки с расположением лазерного пучка и дуги с неплавящимся электродом с одной стороны изделия (а) и с разных сторон (б) [5].

При осуществлении лазерно-дуговых процессов сварки и резки были отмечены следующие эффекты [5]. Если оба источника тепла располагались с одной и той же стороны изделия, электрическое сопротивление дуги в режиме устойчивого горения (ток 100 А) под воздействием лазерного излучения уменьшалось, о чем свидетельствовало снижение напряжения на дуговом промежутке при одновременном росте тока. Кроме того, анодная область дуги «привязывалась» к плазменному факелу, создаваемому над поверхностью металла лазерным пучком. При меньших токах (70 А) неустойчивое горение дуги, связанное с блужданием анодного пятна, сменялось устойчивым вследствие стабилизации ее анодной области в зоне воздействия на образец лазерного излучения. Последний эффект наблюдался и в том случае, когда источники тепла располагались по разные стороны изделия, при условии, что температура металла под пятном лазерного нагрева не менее чем на 400 К превышала температуру окружающей поверхности.

Эффекты «привязки» анодного пятна дуги и стабилизации ее горения в комбинированном процессе даже при малых токах позволили значительно увеличить скорость сварки по сравнению не только с дуговой, но и с лазерной. В дальнейшем это явление было названо «гибридным эффектом». На рис.2 приведены зависимости скорости сварки от тока дуги при полном проплавлении образцов из различных металлов (значения мощности лазерного излучения указаны на рисунке). Наибольшее увеличение скорости (в 4 раза) наблюдалось при сварке малоуглеродистой стали толщиной 0,2 мм (кривая б) по схеме с расположением дуги и лазерного пучка с разных сторон изделия. Более скромные результаты (примерно двукратное увеличение скорости) получены для титана толщиной 0,8 мм (кривые а) и малоуглеродистой стали толщиной 2 мм при расположении дуги и лазерного пучка по одну сторону изделия. В последнем случае наблюдался еще один важный эффект, а именно отсутствие подрезов, характерных для высокоскоростной дуговой сварки.

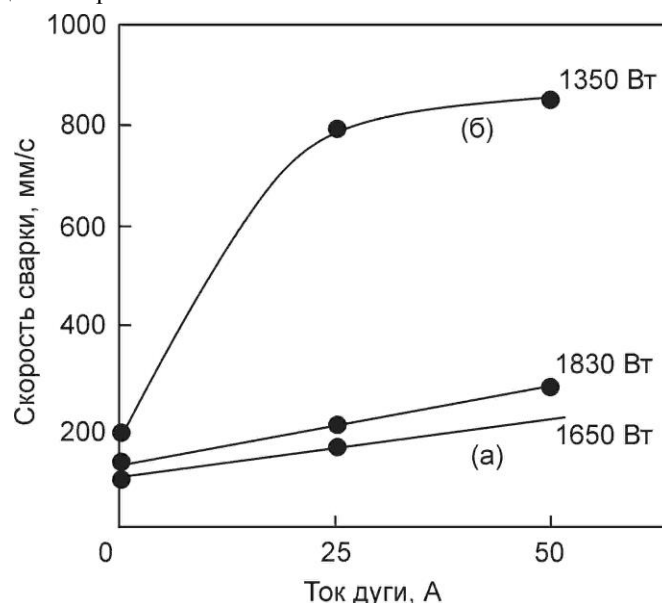


Рис.2. Зависимость скорости лазерно-дуговой сварки от тока дуги: (а) – титан толщиной 0,8 мм при расположении лазерного пучка и дуги с одной стороны образца; (б) – малоуглеродистая сталь толщиной 0,2 мм при расположении источников тепла с разных сторон [3].

Существенное увеличение скорости обработки по сравнению с лазерной было достигнуто и в опытах по лазерно-дуговой резке малоуглеродистой стали толщиной 3 мм с расположением лазерного пучка и дуги по разные стороны изделия. На рис.3 представлены зависимости скорости резки от величины вводимой в металл тепловой энергии. До тех пор, пока прирост тепловложения в изделие за счет дуги не достигал величины, приблизительно равной тепловому вкладу от лазерного излучения (1870 Вт), наклон экспериментальной кривой не изменялся, а резка происходила так, как если бы просто увеличивалась мощность лазерного излучения.

При этом качество реза сохранялось и оставалось сравнимым с качеством обычной лазерной резки. Выше указанного предела вводимой мощности (≈ 3800 Вт) рост скорости резки замедлялся, а качество реза заметно ухудшалось – рез переставал быть параллельным и расширялся со стороны дуги из-за оплавления дугой его боковых сторон. При воздействии обоих источников тепла с одной стороны изделия также не удалось добиться качественной резки вследствие блуждания дуги по кромкам реза.

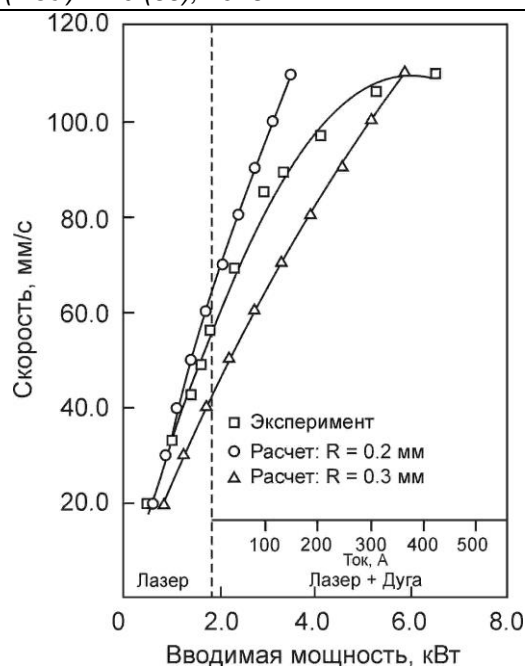


Рис.3. Зависимость скорости резки малоуглеродистой стали толщиной 3 мм от мощности, вводимой в изделие (вводимая мощность до 1870 Вт обеспечивается только лазерным пучком, а выше указанной величины – лазерным пучком и электрической дугой) [5].

В работах [3, 5] авторы объясняют явление «привязки» анодной области дуги к месту действия лазерного излучения тем, что при одностороннем расположении источников тепла дуга ведет себя в соответствии с принципом минимума Штеенбека (M. Steenbeck), а именно: поскольку электропроводность лазерной плазмы, температура которой может достигать 20000 К, намного превышает электропроводность окружающего холодного газа, факел лазерной плазмы является предпочтительной, энергетически выгодной областью горения дуги. Происходящее при этом взаимодействие лазерного излучения с прианодной дуговой плазмой, приводит к повышению ее температуры, а, следовательно, и электропроводности. Именно это обстоятельство является причиной отмеченного в работах [3, 5] снижения напряжения на дуговом промежутке.

Кроме того, в работах [3, 5] констатируется, что эффект «привязки» анодной области дугового разряда к пятну лазерного нагрева проявляется при малых и средних токах дуги (менее 300 А). При больших токах может наблюдаться исчезновение указанного эффекта, что связано, по мнению авторов, с самостабилизацией дуги за счет мощной катодной струи, при наличии которой анодное пятно может перемещаться независимо от зоны нагрева, создаваемой лазерным пучком. Это рассматривается как одна из причин ухудшения качества гибридной лазерно-плазменной резки при увеличении тока дуги [5]. В работах [3, 5, 7] высказывается также предположение, что увеличение тока дуги может привести к появлению нежелательного эффекта и в том случае, когда «привязка» анодной области дуги к факелу лазерной плазмы не исчезает (источники тепла расположены с одной стороны изделия). Это эффект отражения лазерного пучка

плотной плазмой, который наблюдается при повышении плотности электронов в приповерхностной плазме выше критического значения ($n_e \approx 10^{19} \text{ см}^{-3}$ для полного отражения плазмой излучения CO_2 -лазера) и приводит к ограничению тепловложения в обрабатываемый металл. Авторы указанных работ считают этот эффект несущественным при токах дуги менее 300 А.

При расположении дуги и лазерного пучка с разных сторон изделия, стабилизация анодного пятна в зоне лазерного нагрева металла не приведет к снижению напряжения на дуге (см. рис.1,б) из-за отсутствия непосредственного взаимодействия лазерного пучка с дуговой плазмой. Поэтому в дальнейшем, для осуществления процессов лазерно-плазменной сварки и резки приняли технологические схемы, в которых лазерное излучение и дуга прямого действия подаются с одной стороны изделия (см. рис.1,а).

Дальнейшее проведение работ по лазерно-плазменной сварке сталей и алюминиевых сплавов по принятой схеме подтвердили проявление гибридного эффекта. Так, в работах [8, 9] приводятся графики зависимости глубины проплавления образцов из алюминиевых сплавов от скорости сварки для лазерного, плазменного и гибридного лазерно-плазменного процессов. Показано, что кривые, построенные путем суммирования значений глубин лазерного и плазменного проваров, располагаются ниже кривых, построенных по величинам глубин гибридного лазерно-плазменного проваров, что наглядно иллюстрирует проявление гибридного эффекта. В случае использования в экспериментах излучения CO_2 -лазера этот эффект обеспечил прирост глубины проплавления 50...150% (и более), при использовании диодного – 25...30%. При этом важным преимуществом лазерно-плазменной

сварки перед лазерной является использование явления катодной очистки поверхности алюминиевых сплавов от окисной пленки [10, 11]. В работах [12, 13] показано, что при гибридной лазерно-плазменной сварке тонколистовых (толщиной до 4 мм) нержавеющей сталей как аустенитного, так и ферритного класса, за счет проявления гибридного эффекта при близких показателях энерговложения скорость процесса может в 2-3 раза превышать скорость лазерной сварки и до 4 раз скорость плазменной.

Для реализации процессов лазерно-плазменной сварки сфокусированный лазерный пучок может быть направлен в точку взаимодействия с материалом перпендикулярно касательной к поверхности свариваемого изделия, проведенной в этой

точке (рис.4) (например, [14, 15]), либо под небольшим (до 8-12°) углом (рис.5) (например, [16]). Конструктивно лазерно-плазменная сварочная головка может состоять из отдельных элементов – лазерной фокусирующей системы и плазмотрона, либо быть интегрированной в общий корпус (рис.5,а,б). Плазменная горелка обычно наклонена под определенным (минимально возможным) углом к оси сфокусированного лазерного пучка (рис.5,в) [17]. Присадочная проволока может подаваться соосно с плазменной струей, навстречу ей (рис.6), либо вообще не подаваться. Также, в качестве присадочных материалов могут использоваться порошки металлов и сплавов [18].

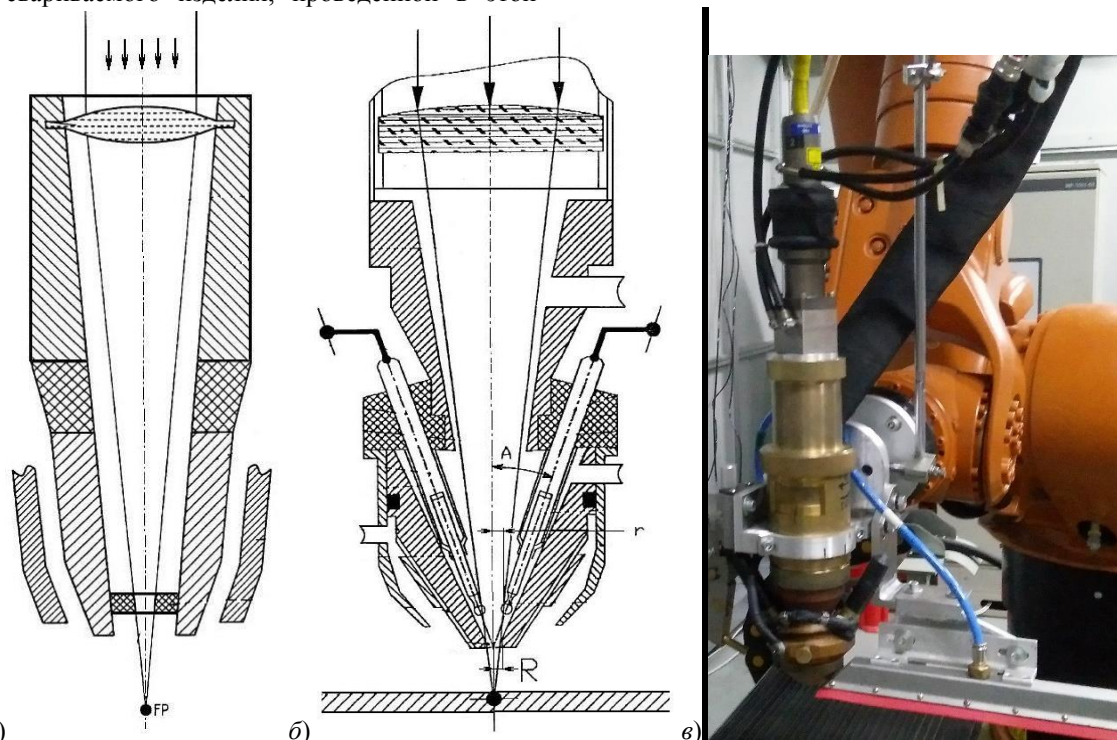


Рис.4. Конструкции интегрированных плазмотронов, позволяющих подавать лазерное излучение коаксиально и перпендикулярно поверхности свариваемого изделия: а) – с полым катодом [14]; б) – с симметрично расположенными относительно оси лазерного пучка наклонными катодами [15]; в) – внешний вид плазмотрона, выполненного по схеме (б).

В процессах лазерно-плазменной сварки лазерный пучок с высокой плотностью мощности и дуговая плазма с высоким энергетическим КПД взаимодействуют одновременно в области сварочной ванны. Для усиления эффекта от такого взаимодействия их целесообразно подводить к свариваемым деталям через общее сопло. При этом во всех случаях лазерный пучок относительно плазмы может располагаться сзади или спереди по ходу сварки [19]. В любом случае, при таком расположении пучка возникает опасность его отражения от

передней или задней стенки парогазового канала и попадания отраженного излучения в оптический тракт, что может привести к выводу из строя некоторых оптических элементов (например, выводного торца оптического волокна, транспортирующего лазерное излучение) [20]. Одним из способов устранения этого недостатка является использование коаксиальной схемы расположения излучения в интегрированном плазмотроне (рис.6).

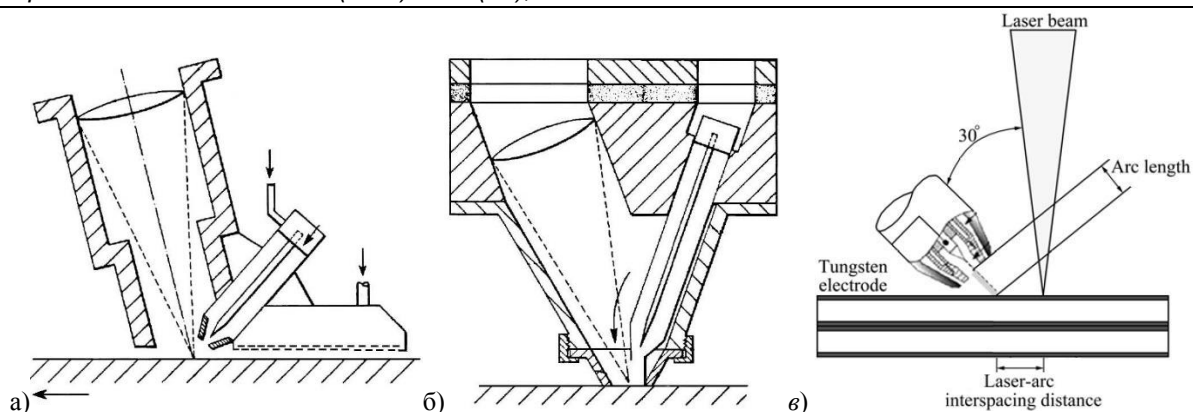


Рис.5. Схемы конструкций интегрированных лазерно-плазменных головок, объединяющих лазерную фокусирующую систему и плазменную горелку: а) – используются отдельно [16]; б) – интегрируются в общем корпусе [16]; в) – с наклонным расположением плазменной горелки [17].

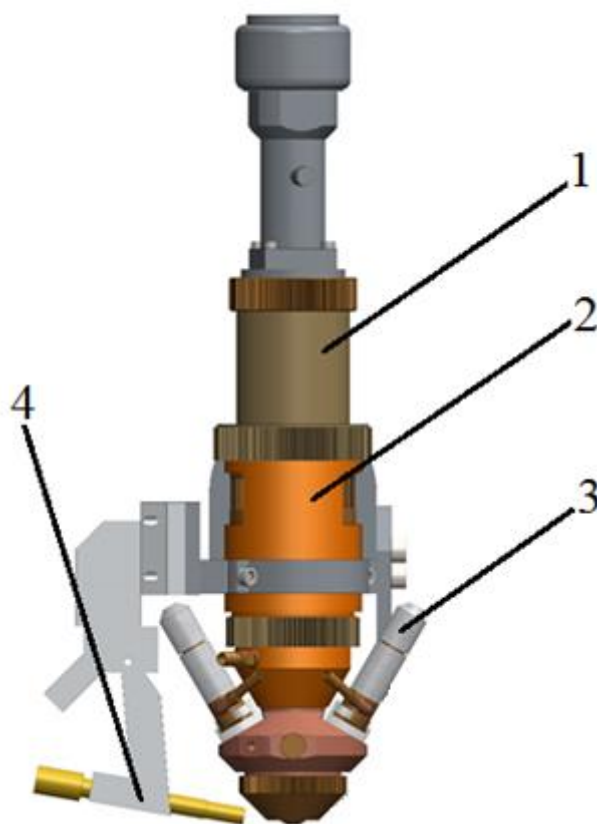


Рис.6. Двухкатодный интегрированный плазматрон с коаксиальной подачей излучения: 1 – узел ввода излучения; 2 – фокусирующая система; 3 – катодные узлы; 4 – встречная подача присадочной проволоки.

В работах [21, 22] были проанализированы недостатки формирования сварных швов в случае применения технологической схемы лазерно-плазменной сварки с наклонным расположением обоих составляющих гибридного процесса, подводимых с одной стороны свариваемых образцов из алюминиевых сплавов. По нашему мнению, одним из важных факторов, способствующих минимизации или полному устранению таких недостатков, как образование подрезов, провисание шва, несимметричность его формирования и образование внутренних пор, может быть применение технологической схемы с односторонним коаксиальным подведением обоих источников энергии.

Помимо выбора технологической схемы лазерно-плазменного процесса целесообразно учитывать ряд технологических и конструктивных факторов. Так, например, для повышения глубины проплавления рекомендуется использовать короткофокусную оптику, позволяющую уменьшать размер фокального пятна [23]. При использовании волоконных лазеров для гибридной сварки увеличение мощности излучения и уменьшение размера пятна фокусирования повышает эффективность процесса, как и при использовании других типов лазеров. В этом случае увеличение мощности излучения снижает сварочный ток, но не влияет на

напряжение на дуге [24]. В работе [25] анализируется отличие гибридных лазер-TIG процессов сварки при использовании в них излучения CO₂- и Yb:YAG-лазеров, т.е. излучения с длинами волн 10,6 и 1,03 мкм, соответственно. Показано, что с уменьшением длины волны поглощение и преломление лазерного излучения в дуговой плазме снижается.

В области промышленной лазерно-плазменной резки металлов на сегодняшний день применяют комбинированную технологическую схему процесса, при которой металлы толщиной до 6-10 мм режут лазерным излучением, а свыше – плазменным способом. Кроме того, в комбинированном процессе на протяженных участках прямого реза, либо при отсутствии необходимости выполнения точных и сложных элементов, используют плазменную резку, в случае повышенных требований к точности раскроя – лазерную (рис. 7). Аналогичный подход применен в ряде подобных конструкций (например, [26-29]). Такой подход к компоновке оборудования обеспечивает скорости резки до 3000 дюймов в минуту.

Для получения наибольшего эффекта от совместного использования лазера и плазмы специалисты из Institute of Manufacturing Technology совместно со специалистами из Fraunhofer IWS Dresden (Dresden, Germany) разработали гибридную лазерно-плазменную головку (рис. 8) [30]. Эта головка рассчитана на мощность лазерного излуче-

ния до 100 Вт и сварочный ток до 40 А и предназначена для микросварки и резки металлов малых толщин.

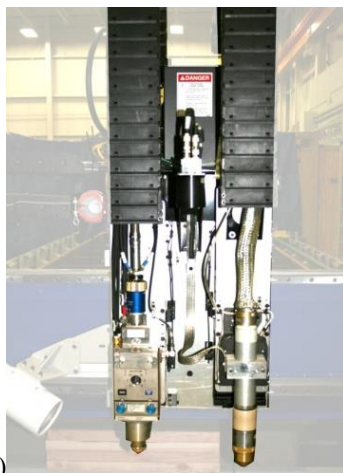
По мнению авторов, в процессах лазерно-плазменной резки на прямой полярности основным условием возникновения гибридного эффекта является стабилизация положения анодного пятна на переднем фронте реза путем воздействия на него сфокусированным излучением (рис. 9,а). Такой подход может способствовать повышению скорости резки или резке листов металла большей толщины. Для проверки этого предположения в ИЭС им. Е.О. Патона был разработан стенд, показанный на рис. 9(б), на котором провели эксперименты по лазерно-плазменной резке [31]. Полученные в ходе этих экспериментов данные позволяют утверждать, что наличие гибридного эффекта при лазерно-плазменной резке позволяет на 30-50% повысить скорость резки по сравнению с лазерной при примерно равных погонных энергиях обоих процессов (рис. 10).

Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие основные преимущества гибридной лазерно-плазменной резки по сравнению с лазерной:

- совместное использование энергии лазера и плазмы, позволяющее уменьшить лазерную мощность и снизить стоимость оборудования;
- повышение производительности за счет увеличения эффективного КПД процесса.



а)



б)

Рис. 7. Установка METAL MASTER XCEL FIBER LASER / PLASMA COMBINATION фирмы Fox Machinery Associates, Inc. (США) [20].

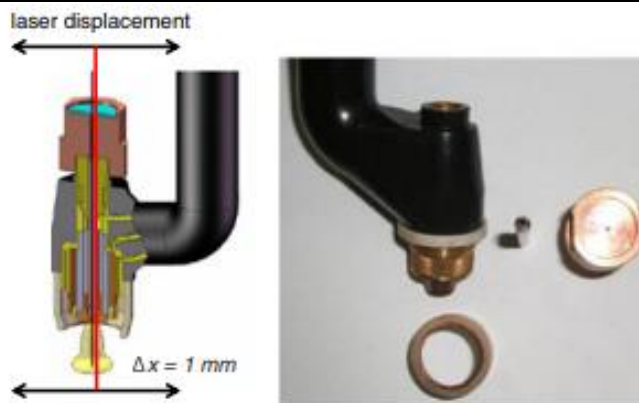


Рис.8. Головка для лазерно-плазменной микросварки и резки металлов малых толщин (мощность излучения 100 Вт, сварочный ток 40 А) [29].

Основным недостатком гибридной лазерно-плазменной резки с наклонным расположением лазерного излучения (при раздельном использовании плазменной и лазерной головок, либо интегрированной головки в которой лазерное излучение подается под углом) является необходимость определенной пространственной ориентации режущего

инструмента в процессе работы. Т.е. при резке по произвольной траектории режущий инструмент должен всегда располагаться так, чтобы обеспечивалось показанное на рис.9(а) условие возникновения гибридного эффекта.

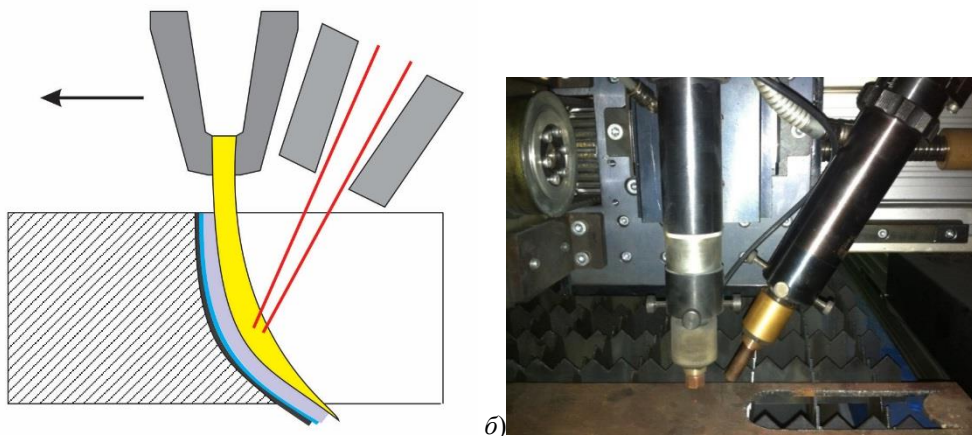


Рис.9. Лазерно-плазменная резка на прямой полярности с наклонным расположением лазерного излучения: а) – условие возникновения гибридного эффекта – «привязка» плазмы прямого действия лазерным излучением к переднему фронту реза; б) – экспериментальный стенд для гибридной резки.

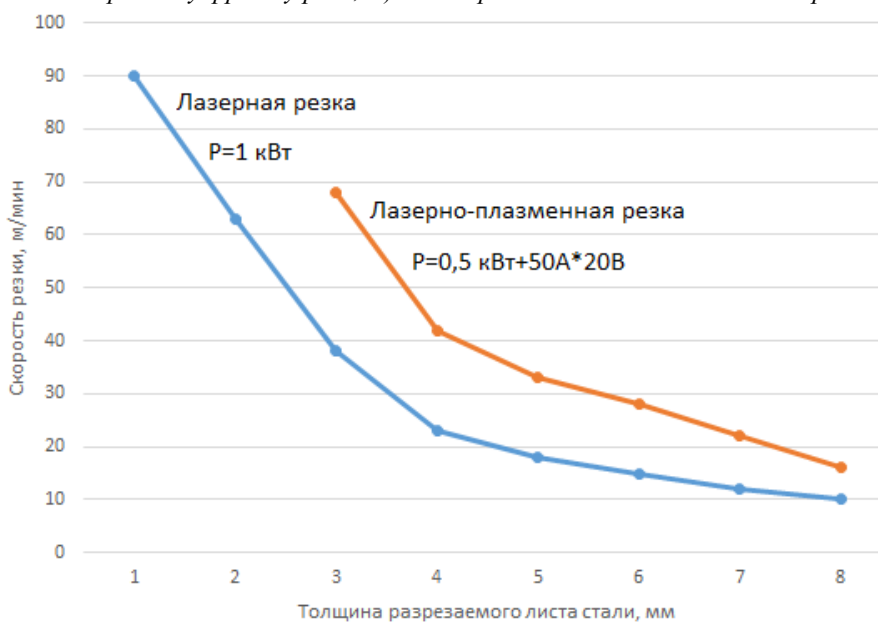


Рис.10. Зависимости скорости (м/мин) лазерной и гибридной лазерно-плазменной резки углеродистой стали от толщины (мм) разрезаемого листа.

Для устранения этого недостатка целесообразно использовать интегрированный плазматрон с коаксиальным расположением лазерного излучения (рис.11). Такой режущий инструмент за счет коаксиального действия лазерного излучения и плазмы прямой полярности обеспечит возникновение гибридного эффекта (рис.11,а), который приведет к повышению качества реза за счет выравнивания фронта резки по сравнению с наклонным расположением лазерного излучения, а также позволит

увеличить толщину разрезаемого материала без ухудшения качества поверхности получаемых кромок реза. В данное время в ИЭС им. Е.О. Патона ведутся работы по созданию универсального интегрированного коаксиального плазматрона для резки и сварки, базирующемся на таком подходе (рис.11,б).

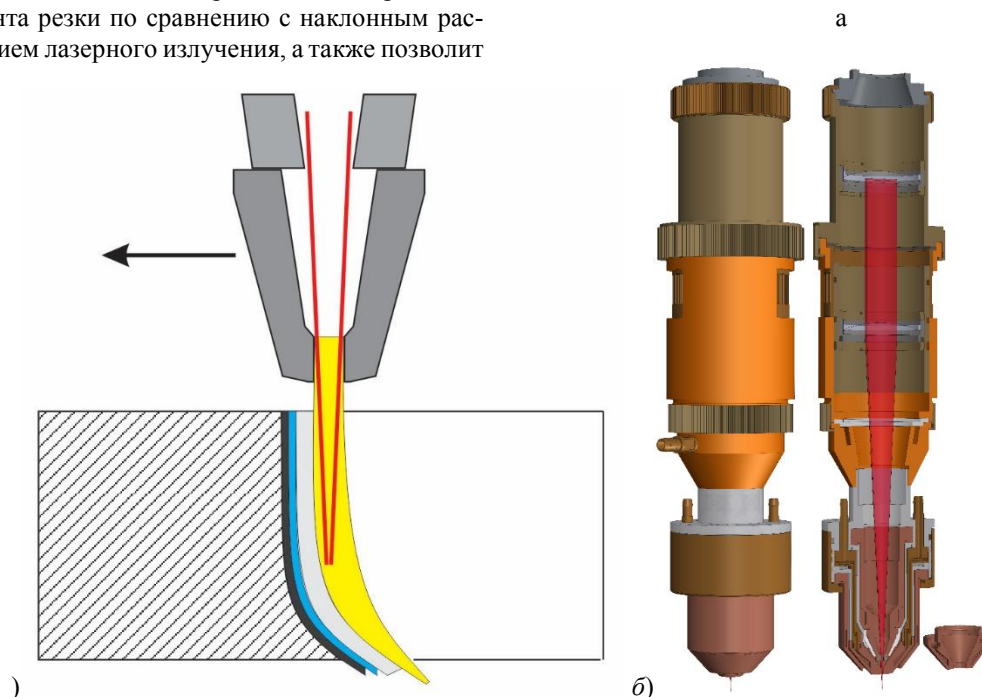


Рис.11. Лазерно-плазменная резка на прямой полярности с коаксиальным расположением плазмы прямого действия и лазерного излучения: а) – выравнивания фронта резки (повышение качества) при возникновении гибридного эффекта; б) – универсальная интегрированная головка для резки и сварки.

Выводы:

1. Применение технологической схемы лазерно-плазменной резки и сварки с коаксиальным подведением обоих источников энергии с одной стороны обрабатываемой детали приводит к появлению так называемого гибридного эффекта, который заключается в «привязке» анодного пятна дуги к зоне действия излучения, стабилизации ее горения в гибридном процессе при токах до 300 А и снижении напряжения на дуговом промежутке из-за повышения его электропроводности за счет перегрева плазмы лазерным излучением, что позволяет значительно увеличить скорости процессов резки и сварки без повышения погонной энергии.

2. Применение технологических схем лазерно-плазменной резки и сварки с наклонным расположением обоих составляющих гибридного процесса, подводимых с одной стороны обрабатываемой детали, также приводит к появлению гибридного эффекта, но при этом он может быть менее явно выраженным, а также возникает опасность повреждения деталей оборудования (например, оптических элементов) отраженным от рабочей зоны излучением.

3. Возникновение гибридного эффекта при лазерно-плазменной сварке алюминиевых сплавов обеспечивает прирост глубины проплавления (по сравнению с суммой глубин проплавлений от отдельных составляющих) на 50...150% (и более) в

случае использования излучения CO₂-лазера и на 25...30% при использовании диодного лазера. В случае лазерно-плазменной сварки нержавеющей стали аустенитного и ферритного класса толщиной до 4 мм тот же эффект приводит к повышению скорости в 2-3 раза по сравнению с лазерной сваркой и до 4 раз по сравнению с плазменной при близких показателях энергозатрат.

4. Наличие гибридного эффекта при лазерно-плазменной резке позволяет на 30-50% повысить скорость по сравнению с лазерной резкой при примерно равных погонных энергиях обоих процессов.

Примечание. Работа выполнялась в рамках проекта № 2017GDASCX-04112017 Capacity - Building of Innovation - Driven Development for Special Fund Projects «Исследование физико-химических процессов при взаимодействии паровой плазмы с поверхностью металлов и разработка научных основ технологии водо-воздушной плазменной резки листовых сталей для получения сварных соединений» и проекта №2018GDASCX-0803 «Research and development of laser and plasma technologies for hybrid welding and cutting (Научно-исследовательские разработки лазерных и плазменных технологий гибридной сварки и резки)», Guangzhou, China.

Список литературы

1. Patent 1547172 Великобритания, МКИ В23К 26/00, 9/00. Methods and apparatus for cutting, welding, drilling and surface treating / W. M. Steen. – Оpubл. 06.06.79.
2. Patent US4167662 США, МКИ В23К 9/00. Methods and apparatus for cutting and welding / W. M. Steen. – Оpubл. 11.09.79.
3. Steen W. M., Eboo M. Arc augmented laser welding // *Metal Construction*. - 1979. - Vol. 11, No. 7. - P. 332-335.
4. Clarke J., Steen W. M. Arc augmented laser cutting // *Proceedings of the Laser 1979 Conf.*, Germany, Munich, 1979. - P. 247.
5. Steen W. M. Arc augmented laser processing of materials // *J. of Appl. Phys.* - 1980. - Vol. 51, No. 11. - P. 5636-5641.
6. Mazumder J., Steen W. M. Laser welding of steels in can making // *Welding J.* - 1981. - Vol. 60, No. 6. - P. 19-25.
7. Кривцун И.В. Комбинированные лазерно-дуговые процессы обработки материалов и устройства для их реализации // *Дис. ... докт. техн. наук: 05.09.10. Институт электросварки им. Е.О. Патона НАНУ, Киев.* – 2002. – 393 с.
8. Сидорец В.Н. Лазерно-микроплазменная сварка алюминиевых сплавов / В.Н. Сидорец, А.И. Бушма, В.Ю. Хаскин // *Збірник наукових праць НУК, №3-4, 2012.* – С. 26-31.
9. Krivtsun I. V. Application of diode and CO₂ lasers in laser-plasma welding of thin sheet aluminum alloys / Krivtsun I. V., Khaskin V. Yu., Zatserkovny A. S., Bernatsky A.V. // *Welding and Material Testing / Sudarea și Încercarea Materialelor.* – BID ISIM. – 2009. – XVIII. – №3. – p.47-51.
10. Hybrid laser-plasma welding of aluminium alloys / Krivtsun I.V., Shelyagin V.D., Khaskin V.Yu., Shulym V.F., Ternovoj E.G. // *The Paton Welding Journal, №5, 2007.* – P. 36-39.
11. Khaskin V.Yu. Development of laser welding of aluminium alloys at the e.o. paton electric welding institute (Review) // *The Paton Welding Journal, №5, 2013.* – P. 51-55.
12. Krivtsun I. V. Hybrid laser-plasma welding of stainless steels / I.V. Krivtsun, A.I. Bushma, V.Yu. Khaskin // *The Paton Welding Journal, №3, 2013.* – P. 46-50.
13. Krivtsun I. V. Laser-plasma welding of stainless steels and aluminum alloy / I.V. Krivtsun, A.I. Bushma, V.Yu. Khaskin // *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, 3, 2013.* – P. 76-82.
14. Patent US5700989 США, МКИ В23К 26/00, 10/00. Combined Laser and Plasma Arc Welding Torch / I.S. Dykhno, I.V. Krivtsun, G.N. Ignatchenko. – Оpubл. 23.12.97.
15. Patent US6388227 В1 США: Combined Laser and Plasma-Arc Processing Torch and Method. / I.Dykhno, G.Ignatchenko, E.Bogachenkov. – Оpubл. 14.05.2002.
16. Patent US5866870 США, МКИ В23К 10/00, 26/00. Enhanced Laser Beam Welding / R.P. Walduck. – Оpubл. 02.02.99.
17. Kim C.H. CO₂ Laser-Micro Plasma Arc Hybrid Welding for Galvanized Steel Sheets / C.H. Kim, Y.H. Ahn, J.H. Kim // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China.* – 2011. – V.21, Supplement 1. – P. s47-s53.
18. Qualification of Nd:YAG and CO₂ Laser Plasma Hybrid Welding with Filler Material Powder / K. Stelling, M. Lammers, H. Schobbert, et al. // *Welding and Cutting.* – 2006. – V.5, No.6. – P. 330-334.
19. Bushma A.I. State-of-the-art of hybrid laser-plasma welding (Review) // *The Paton Welding Journal, №8, 2015.* – P. 18-25.
20. Patent ZL201610092501.6 Китай, МКИ В23К 26/00. Способ гибридной лазерно-микроплазменной сварки / V. Khaskin, D. Cai, V.Korzhyk, I. Krivtsun, S. Peleshenko, S. Han, Z. Luo, X. Wang. – Оpubл. 08.03.2018.
21. Особенности сварки алюминиевых сплавов лазерным, микроплазменным и гибридным способами / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, А.А. Чайка и др. // *Сварщик, №3, 2014.* – С. 30-35.
22. Optimisation of the processes of laser, micro-plasma and hybrid laser-microplasma welding of aluminium alloys / A. M. Orishich, A. G. Malikov, V. D. Shelyagin, V. Yu. Khaskin & A. A. Chayka // *Welding International, Vol.30, No.12, 2016.* – P. 957-961.
23. Ishide T. Latest MIG, TIG Arc-YAG Laser Hybrid Welding Systems for Various Welding Products / T. Ishide, S. Tsubota, M. Watanabe // *1st. International Symposium High-Power Laser Macro.* – Osaka: SPIE, 2002. – P. 347-352.
24. Process Monitoring and Macrostructure Examination of Low Laser Power Hybrid Gas Metal Arc Welding on A36 Steel / C. Roepke, S. Liu, S. Kelly, R. Martukanitz // *IIW Doc. IV-1030-10, 2010.*
25. Characteristics Comparison of Laser-TIG Arc Interaction Using High Power CO₂ and Yb:YAG Laser / W. Shikai, X. Rongshi, Y. Wuxiong, C. Kai // *Chinese Journal of Lasers.* – 2010. – No.10. – P.2667-2671.
26. Haun E. Messer to Debut Metal Master Xcel // *Marine Link, October 20, 2014.* – Электронный ресурс: <https://www.marinelink.com/news/metalmaster-messer-debut379313>
27. Patent US005350897A США, МКИ В23К 10/00. Hybrid laser-plasma arc cutting apparatus combined with a punch press / V.L. Chun. – Оpubл. 27.09.1994.
28. Patent US005635086A США, МКИ В23К 10/00, В23К 26/00. Laser-plasma arc cutting apparatus / J.V. Warren, C.E. Stanley, S.C. Florence. – Оpubл. 3.06.1997.
29. Patent US007960669B2 США, МКИ В23К 10/00, В23К 26/00. Hybrid thermal cutting apparatus / Y. Yamaguchi, T. Kabata, I. Kamada. – Оpubл. 14.06.2011.
30. Plasma welding with a superimposed coaxial fiber laser beam / S. Rose, A. Mahrle, M. Schnick etc. // *Welding in the World, V.57, Issue 6, November 2013.* – pp. 857-865.
31. Cutting the sheet of carbon steels by laser radiation / V. Khaskin, V. Korzhyk, V. Shevchenko etc. // *Scientia. Техника, №1, 2016.* – С. 13-18.

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ РЕЙТИНГОВОЙ ПЛАТФОРМЫ В КОМАНДНЫХ ВИДАХ СПОРТА

Шалаев Дмитрий Алексеевич

Магистрант кафедры менеджмента и маркетинга, ВятГУ, г. Киров

Крутиков Александр Константинович

Аспирант кафедры ЭВМ, ВятГУ, г. Киров

Подковырин Виталий Дмитриевич

Старший преподаватель кафедры физ. воспитания, ВятГУ, г. Киров

АННОТАЦИЯ

В статье описана возможность создания информационной рейтинговой платформы, для использования ее в командных видах спорта. Рассмотрена укрупненная структура платформы, и направления дальнейших исследований. Произведена оценка возможности разработки системы.

ABSTRACT

The article describes the possibility of creating an information rating platform for use in team sports. The enlarged structure of the platform and the directions of further research are considered. The possibility of the system development was evaluated.

Ключевые слова: командные виды спорта, информационная платформа, рейтинг, платформа, структура.

Keywords: team sports, information platform, rating, platform, structure.

Практически в любом виде спорта, как для профессионалов, так и для любителей широко распространен такой способ оценки показателей спортсмена, как рейтинг. Рейтинги оценивают профессиональный рост спортсмена, его местоположение в определенной иерархии команды, или спортивной ассоциации. С помощью рейтингов, выявляют претендентов на чемпионские титулы, спортивные клубы могут отслеживать будущих потенциальных «работников» и даже прогнозировать появление будущих «звезд» национального и мирового спорта.

Рейтинг не является универсальным способом оценки карьерного роста спортсмена, но является

одним из объективных инструментов информационной прозрачности в спорте [1].

Примером могут послужить рейтинги ATP и WTA в теннисе [2], общий рейтинг BoxRec в боксе [3], рейтинги международных и национальных федераций в различных видах спорта. Командные виды спорта - не исключение, они так же имеют свои информационные платформы, которые относятся к федерациям, клубам или командам и содержат в том числе статистические и рейтинговые данные. Ярким примером может послужить информационный портал РФБ (Рисунок 1) [4].

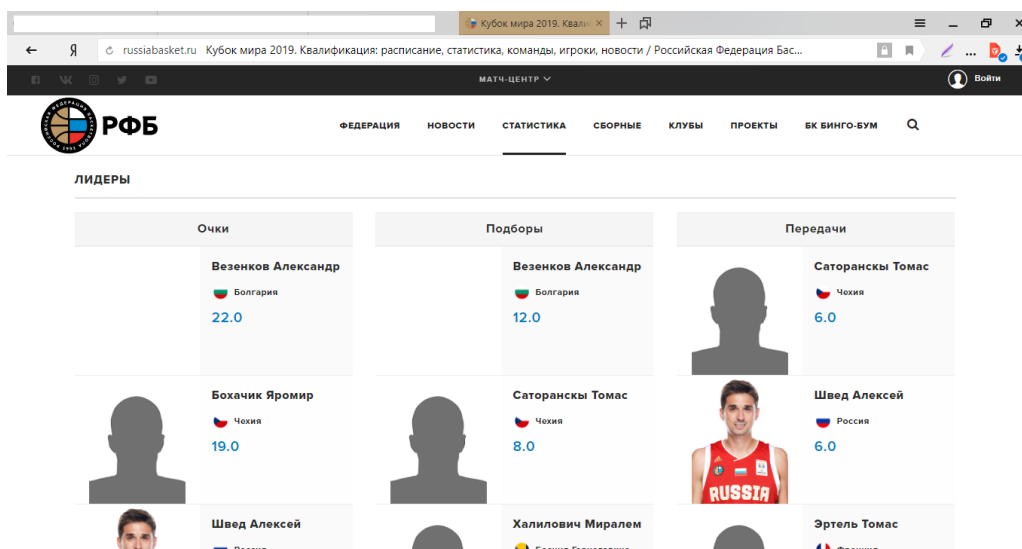


Рисунок 1. Главная страница сайта РФБ

Данная информационная платформа учитывает и индивидуальные показатели игроков, и командную статистику.

Тем не менее, основной проблемой подобных систем является верификация и адекватность со-

ставления индивидуального рейтинга внутри команд и его влияние на командный рейтинг и статистику. К общей же проблеме необходимо отнести отсутствие единой базы спортсменов командных видов спорта, в особенности на региональном уровне [5].

Студентами ВятГУ ведется работа по разработке и дальнейшему исследованию самостоятельной информационно рейтинговой платформы для командных видов спорта, которая могла бы применяться в равной мере к профессионалам и любителям. Тестовые испытания платформы планируется провести на территории региона, с привлечением любительских и профессиональных спортивных организаций.

В основе такой системы ляжет база данных. Сама система будет разработана на основе клиент-серверной технологии. Клиент-сервер - это вычис-

лительная или сетевая архитектура, в которой задания или сетевая нагрузка распределены между поставщиками услуг, называемыми серверами, и заказчиками услуг, называемыми клиентами. Обычно они взаимодействуют через компьютерную сеть посредством сетевых протоколов и находятся на разных вычислительных машинах, но могут выполняться также и на одной машине. Программы — сервера, ожидают от клиентских программ запросы и предоставляют им свои ресурсы в виде данных или сервисных функций [6]

Укрупненная структура информационной рейтинговой системы представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Укрупненная структура системы

Выбраны основные критерии для индивидуального и командного рейтинга [5]. База данных, содержащая все рейтинги, статистическую информацию, располагается на сервере. Клиентское приложение обеспечит возможность работы пользователей с базой данных, находящейся на данном сервере. Для защиты разрабатываемой системы от угроз несанкционированного доступа, к его функциям, будет реализована система аутентификации. Доступ будет производиться на основе ролей, пользовательский и администраторский функционал, на данный момент, в процессе разработки. Рассматривается возможность использования распределенной базы данных и наделения пользователя широкими полномочиями, в том числе для возможности верификации показателей рейтинга.

Помимо базы данных, на сервере будет размещена подсистема прогнозирования спортивных результатов и изменения индивидуального и командного рейтингов, на основе имеющейся статистики, для расчетов экспертами вероятностей изменения индивидуального и командного прогресса.

Список литературы:

1. Рейтинг как инструмент информационной прозрачности URL: <https://docplayer.ru/38023635-Reyting-kak-instrument-informacionnoy-prozrachnosti.html> [Дата обращения 06.09.2018]
2. Рейтинги WTA, ATP URL: <http://tennisportal.ru/rating/atp> [Дата обращения 06.10.2018]
3. Рейтинг BoxRec URL: <http://boxrec.com> [Дата обращения 06.10.2018]
4. Российская Федерация Баскетбола URL: <https://russiabasket.ru/competitions/284/kubok-mira-2019-kvalifikasiya> [Дата обращения 06.10.2018]
5. Шалаев Д.А., Крутиков А.К., Формирование критериев спортивного рейтинга для разработки программной информационной рейтинговой платформы в командных и индивидуальных видах спорта. –«АМиСта» г. Воронеж: Устойчивое развитие науки и образования №9(24) с.171-176
6. Многоуровневая архитектура клиент-сервер URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Многоуровневая_Архитектура [Дата обращения 06.10.2018]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЧТЕНИИ ЛЕКЦИЙ ПО КУРСУ «МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА»

*Яроц Валерий Владимирович,
Доцент, кандидат технических наук,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

АННОТАЦИЯ.

Подведены итоги шестилетнего чтения лекций по курсу «Механика жидкости и газа» в МГТУ имени Н.Э. Баумана с использованием мультимедийного оборудования: компьютера, проектора и экрана. Приведены примеры слайдов презентаций. Сформулированы положительные и отрицательные стороны чтения лекций с использованием мультимедийных средств.

ANNOTATION.

The results of a six-year lecture on the course “Fluid and Gas Mechanics” at the Moscow State Technical University named after NE Bauman using multimedia equipment: computer, projector and screen. Examples of presentation slides are given. The positive and negative aspects of lecturing using multimedia are formulated.

Ключевые слова: презентации лекций, средства мультимедиа, дидактические принципы.

Keywords: lecture presentations, multimedia, didactic principles.

Предметом исследования данной статьи являются возможности мультимедиа, которые всё более широко используются при чтении лекций.

Цель статьи – анализ факторов, влияющих на эффективность лекций, читаемых по данному курсу с использованием мультимедийных средств, выявление достоинств и недостатков использования презентаций, а также выработка рекомендаций по применению иллюстрационного материала, направленных на улучшение усвоения студентами читаемого материала.

Применение средств мультимедиа существенно увеличивает эффективность лекций, однако имеет свои особенности.

1. Проблемы преподавания дисциплины.

С каждым годом растёт объем знаний и умений, необходимых для профессиональной работы, и практически неизменным объемом времени на его изучение в учебном плане. Однако большинство студентов первого курса имеют недостаточную базовую подготовку, а именно: слабые знания в области элементарной математики; плохо развито логическое и абстрактное мышление; отсутствует умение разделять материал, излагаемый преподавателем на главный и второстепенный; конспекты лекций большинства студентов фрагментарны, содержат огромное количество ошибок; минимальная мотивация.

Некоторые студенты считают, что главное успеть записать, а учить они будут перед экзаменом.

При чтении лекций по традиционной технологии (с использованием мела и доски), приходилось многократно повторять и пояснять материал с разных сторон.

Практически все эти проблемы снимаются при чтении лекция с использованием средств мультимедиа.

2. Особенности подготовки презентаций лекций.

Слайды лекций существенно более насыщены, чем, например, бизнес-презентации.

Так ограничение «не более 30 слов на слайд» для лекционных презентаций в большинстве случаев оказывается неприемлемым. Это объясняется тем, что материал лекций излагается существенно более подробно, слайды более насыщены. При этом ограниченный размер слайда всё равно не позволяет полностью представить сильно связанный логически материал. Поэтому, чтобы не разрывать материал, некоторые иллюстрации приходится повторять на следующих слайдах.

Избежать визуальной перегрузки слайдов частично помогает пошаговая анимация в пределах слайда. Это позволяет переключить внимание студентов по мере необходимости.

3. Положительные результаты применения средств мультимедиа при чтении лекций.

Применение технических средств визуализации материала резко сократило затраты времени на лекции и обеспечило возможность замедления темпа изложения материала, что позволило более глубоко прорабатывать материал.

Таким образом, использование мультимедийной среды существенно расширяет возможности применения основных дидактических принципов, таких как:

- постепенность, последовательность и систематичность изложения материала;
- обеспечение высокой степени наглядности излагаемого материала;
- стимуляция сознательности и активности обучаемых.

Кроме того, подготовленный для чтения лекций материал по дисциплине, выдаётся студентам в электронном виде заранее.

Суммируя вышесказанное, можно перечислить следующие достоинства использования мультимедийных средств при чтении лекций:

- увеличение степени наглядности изучаемого материала;
- увеличение эффективности использования лекционного времени;

- исключение ошибок переписывания с доски и записи со слуха в конспектах лекций за счёт наличия лекционного материала у студентов;

- появление возможности поддержания оптимального темпа при изложении материала, позволяющего удерживать внимание студентов на предмете лекции.

4. Проблемы использования мультимедийных средств при чтении лекций.

- *эффект мелькающих картинок* – получив заранее лекционный материал, некоторые студенты относятся к демонстрации слайдов, как к просмотру мультипликационных фильмов (не вдумываются в материал, не записывают пояснения преподавателя).

Для предотвращения подобного эффекта следует постоянно вовлекать студентов в процесс анализа рассматриваемого материала;

- *эффект дробления целого* – не всегда удаётся логически связанный материал уместить на одном слайде;

- *эффект раздвоенного внимания или эха* – одновременно демонстрируется информация на слайде и прослушивается речь преподавателя.

Однако на слайд должны выноситься только основные положения. Остальной текст можно поместить в комментарии слайдов.

Заключение. В целом, можно сказать, что применение мультимедийного оборудования, а именно компьютера и проектора, существенно уве-

личивает эффективность чтения лекций при обучении дисциплине «Механика жидкости и газа», снижая темп лекции и высвобождая до 30 % времени на разъяснение наиболее сложного материала.

Литература

1. Яроц В.В., Шабловский А.С., Кузнецов В.С. Анализ влияния на рабочие характеристики прямого регулятора расхода его конструктивных параметров и условий эксплуатации / Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». Инженерный вестник. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. № 1. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/520072.html>.

2. Кузнецов В.С., Шабловский А.С., Яроц В.В. Методика профессиональной переподготовки и повышения квалификации преподавателей и специалистов в области гидропневмоприводов в МГТУ им. Н.Э. Баумана / Инженерный вестник. Электронный научно-технический журнал. № 11, ноябрь 2012. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/496876.html>.

3. Комкова Т.Ю., Яроц В.В. Роль куратора при подготовке инженеров машиностроительных специальностей вузов / Естественные и технические науки. № 6 (108), 2017. С. 97-99.

4. Ковальчук А.К., Яроц В.В. Проектирование исполнительного механизма и расчёт мощности приводов робота специального назначения / Естественные и технические науки. № 10 (100), 2016. С. 101-106.

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИССЛЕДОВАНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ГЕЛЯ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *INONOTUS OBLIQUUS*

Гюльбякова Христина Николаевна

*Канд. фармацевт. наук, доцент кафедры фармацевтической и токсикологической химии,
ПМФИ – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ, Пятигорск*

Маринина Тамара Филипповна

Канд. фармацевт. наук, доцент

Казуб Валерий Тимофеевич

*Доктор технических наук, профессор кафедры физики и математики,
ПМФИ – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ, Пятигорск*

АННОТАЦИЯ

Поиск эффективных лекарственных средств из растительного сырья остается актуальным для клинической стоматологии. Это обусловлено тем, что ассортимент стоматологических лекарственных средств не удовлетворяет потребность в них для лечения и профилактики заболеваний пародонта. Объектом исследования была выбрана чага (*Inonotus obliquus*). В клинической медицине используют бевунгин (водный экстракт чаги), настойку чаги, а также мягкие лекарственные формы (мази, кремы). Лекарственные средства чаги обладают болеутоляющим действием, улучшают кровоснабжение, а при длительном применении нормализуют обменные процессы. Поэтому исследования по разработке новых лекарственных препаратов на основе чаги являются актуальными. Была разработана технология стоматологического геля на основе биологически активных веществ (БАВ) чаги методом электроразрядного экстрагирования; изучена антимикробная активность геля; разработаны методики анализа, позволяющие достоверно оценивать качество геля.

Ключевые слова: чага, стоматологический гель, технология, анализ, антимикробное и противовоспалительное действие.

ABSTRACT

The search for effective drugs from plant materials remains relevant for clinical dentistry. This is due to the fact that the range of dental medicines does not satisfy the need for them for the treatment and prevention of periodontal diseases. The object of study was selected *Inonotus obliquus*. In clinical medicine, befungin (water extract of *Inonotus obliquus*), tincture, and also soft dosage forms (ointments, creams) are used. Medicines *Inonotus obliquus* have an analgesic effect, improve blood circulation, and with prolonged use normalize metabolic processes. Therefore, research on the development of new drugs based on *Inonotus obliquus* are relevant. The technology of dental gel based on biologically active substances (BAS) *Inonotus obliquus* was developed by the method of electric discharge extraction; studied the antimicrobial activity of the gel; methods of analysis have been developed that allow to reliably evaluate the quality of the gel.

Keywords: *Inonotus obliquus*, dental gel, technology, analysis, antimicrobial and anti-inflammatory effect.

Заболевания пародонта представляют собой одну из важнейших проблем современной стоматологии [2]. Высокая распространенность воспалительных заболеваний пародонта среди взрослого населения, наличие клинических форм, приводящих к разрушению зубо-челюстной системы и потере зубов, частота возникновения рецидивов заболевания диктует поиск оптимальных средств для лечения и профилактики воспалительных заболеваний пародонта [4]. Березовый гриб чага (*Inonotus obliquus*) и лекарственные препараты на его основе находят широкое применение в медицине как активные биогенные стимуляторы, обладающие также антимикробным и антисептическим действием. Химический состав чаги представлен флавоноидами, хромогенным комплексом, полисахаридами, птериновыми соединениями, свободными фенолами, микро- и макроэлементами. Липидная фракция содержит фосфолипиды. Из аминокислот преобладают глицин и аспарагиновая кислота [1,2].

Целью данной работы является разработка технологии стоматологического геля на основе

БАВ чаги нетрадиционным способом – экстрагированием под действием электрических разрядов, разработка методик анализа геля, а также определение его антимикробной активности и терапевтической эффективности при лечении заболеваний пародонта.

Получение стоматологического геля на основе БАВ чаги осуществляли в электроразрядном аппарате с использованием в качестве экстрагента полиэтиленоксида 400 (ПЭО-400). В результате проведенных исследований установлены оптимальные параметры проведения экстрагирования чаги: соотношение сырье-экстрагент – 1:15, число разрядов – 500. Критерием выбора оптимальных параметров служил выход хромогенного комплекса. В качестве загустителя геля был выбран ПЭГ 1500 в соотношении 1:3 [1,3].

С целью получения первичной информации о возможном терапевтическом эффекте геля была изучена кинетика высвобождения хромо-

генного комплекса, свободных фенолов и свободных углеводов методом равновесного диализа через полупроницаемую мембрану. Средой для диализа служила вода очищенная. Установлено, что за 120 минут диализа высвобождалось 78% свободных фенолов, 83% свободных углеводов и 70% хромогенного комплекса. Определение дренажной способности геля показало, что она составляет 260% и превосходит таковую 10% раствора натрия хлорида.

Следующим этапом наших исследований явилась разработка методов анализа полученного геля. Идентификацию и количественный анализ геля осуществляли по содержанию хромогенного комплекса, свободных фенолов и свободных углеводов. Количественное определение хромогенного комплекса проводили гравиметрически; свободных фенолов в пересчете на резорцин – УФ-спектрофотометрически; свободных углеводов – фотоколориметрически фенолсерноокислотным методом. Содержание хромогенного комплекса составило 4,6% ($\varepsilon_a=0,44\%$); свободных углеводов – 0,724% ($\varepsilon_a=1,52\%$); свободных фенолов – 0,044% ($\varepsilon_a=2,80\%$) [1].

Определение антимикробного действия изучаемых препаратов проводили методом диффузии в агар – способ «колодцев». Были использованы следующие 24-часовые тест-культуры микроорганизмов: *Staphylococcus aureus* (209); *Staphylococcus aureus* (Макаров); *Staphylococcus aureus* (Type); *Staphylococcus epidermidis* Wood-46; *Echerichia coli* 675; *Echerichia coli* 055; *Salmonella typhimurium*; *Shigella flexneri*; *Shigella sonnei*; *Bacillus subtilis* L2; *Bacillus anthracoides* – 16; *Pseudomonas aeruginosa*. Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о том, что гель из чаги обладает выраженным антибактериальным действием в отношении грамположительных кокков рода *Staphylococcus*, энтеробактерий родов *Echerichia*, *Salmonella*, *Shigella*, а также в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Это свидетельствует о широком спектре антимикробного действия изучаемой субстанции [3].

Апробация геля на основе БАВ чаги проводилась в условиях стоматологической поликлиники в комплексном лечении язвенного стоматита, гингивита, начальной стадии пародонтита. Пациенты получали лечение в виде мягкой повязки (15 человек). Предварительно была осуществлена санация полости рта. Противовоспалительные свойства геля на основе БАВ чаги оценивали по состоянию десны с помощью индекса РМА, пробы Писарева – Шиллера и вакуумной пробы по Кулаженко. Анализ динамики индекса РМА при осмотре показал снижение его значения от 42,2 до 6,1 после 6 аппликаций. Проба Писарева – Шиллера при первичном осмотре составляла /+++, к концу лечения становилась отрицательной. Визуальный осмотр позволял оценить воспалительные явления в десне по следующим признакам: гиперемия, отечность, глубина

пародонтальных карманов, подвижность зубов, наличие в карманах гноя. Положительный эффект – исчезновение гиперемии, отечности, кровоточивости десен при дотрагивании отмечался практически у всех пациентов на 3-4 сутки применения геля. При лечении язвенного стоматита гелем на 3-4 сутки прекращалось слияние пузырьков и появление новых очагов поражения, исчезала гиперемия, отек, болезненность при дотрагивании, диаметр очагового поражения уменьшался значительно, а на 7-12 сутки применения геля прослеживалась полная эпителизация. Наблюдалось снятие гиперестезии зубов, очищение пародонтальных карманов от экссудата, десна плотно прилегала к зубам. Дискомфорта в полости рта пациентами не отмечено [3].

Таким образом, разработана оригинальная технология с применением импульсных электрических разрядов и предложены методики анализа стоматологического геля на основе БАВ чаги; установлено, что стоматологический гель обладает выраженным антимикробным и противовоспалительным эффектом и может быть рекомендован к использованию в комплексном лечении заболеваний тканей пародонта различной степени тяжести.

Список литературы:

1. Гюльбякова Х.Н. Разработка технологии и норм качества стоматологического геля на основе биологически активных веществ чаги / В.Т. Казуб, Т.Ф. Маринина // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов (Пятигорская государственная фармацевтическая академия). – Вып. 59. – Пятигорск, 2004. – с. 210 - 212.
2. Маринина Т.Ф. Перспективы использования 2-х слойных стоматологических пленок анестезирующего и противовоспалительного действия / Т.Ф. Маринина, Л.Н. Савченко, В.И. Погорелов, Л.И. Иванова, Х.Н. Гюльбякова, В.А. Москвитина // Здоровье и образование в XXI веке: сб. науч. ст. и тез. XII Междунар. Конгр. «Здоровье и образование в XXI веке» (Москва, 7-10 декабря 2011 г.). – Москва: РУДН, 2011. – С. 184 – 186.
3. Маринина Т.Ф. Стоматологический гель с биологически активными веществами чаги / Т.Ф. Маринина, Л.Н. Савченко, В.Т. Казуб, Х.Н. Гюльбякова, Л.И. Иванова, Ю.А. Алябьева, И.И. Клишина // «Инновации и информационные технологии в диагностической, лечебно-профилактической и учебной работе клиник»: матер. науч.-практ. конф. (Тверь, 10-11 декабря 2009 г.). – Тверь, 2009. – С. 226 – 227.
4. Маринина Т.Ф., Гюльбякова Х.Н. Разработка технологии и анализ двухслойных стоматологических пленок противовоспалительного и анестезирующего действия // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал

№ 10 (55)/ 2018

1 часть

Редакционная коллегия:

д.п.н., профессор Аркулин Т.В. (Москва, РФ)

Члены редакционной коллегии:

- Артафонов Вячеслав Борисович, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологического и природоресурсного права (Москва, РФ);
- Игнатьева Ирина Евгеньевна, кандидат экономических, преподаватель кафедры менеджмента (Москва, РФ);
- Кажемаев Александр Викторович, кандидат психологических, доцент кафедры финансового права (Саратов, РФ);
- Кортун Аркадий Владимирович, доктор педагогических, профессор кафедры теории государства и права (Нижний Новгород, РФ);
- Ровенская Елена Рафаиловна, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой судебных экспертиз, директор Института судебных экспертиз (Москва, Россия);
- Селиктарова Ксения Николаевна (Москва, Россия);
- Сорновская Наталья Александровна, доктор социологических наук, профессор кафедры социологии и политологии;
- Свистун Алексей Александрович, кандидат филологических наук, доцент, советник при ректорате (Москва, Россия);
- Тюменев Дмитрий Александрович, кандидат юридических наук (Киев, Украина)
- Варкумова Елена Евгеньевна, кандидат филологических, доцент кафедры филологии (Астана, Казахстан);
- Каверин Владимир Владимирович, научный сотрудник архитектурного факультета, доцент (Минск, Белоруссия)
- Чукмаев Александр Иванович, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права (Астана, Казахстан)

Ответственный редактор

д.п.н., профессор Каркушин Дмитрий Петрович (Москва, Россия)

Художник: Косыгин В.Т

Верстка: Зарубина К.Л.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

г.Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия

E-mail: info@euroasia-science.ru ; www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии г.Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия