



#4 (32), 2018 część 1

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w

Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze

wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo

publikowane jest w języku polskim, angielskim,

niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego
miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz
czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej
czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet
Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet
Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet
Jagielloński)

Kolub Frennen (University of
Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet
Warszawski)

#4 (32), 2018 part 1

East European Scientific Journal

(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland. The
journal is registered and published in Poland.

Articles in all spheres of sciences are published in the

journal. Journal is published in **English, German, Polish**

and Russian.

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the
journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet
Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet
Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet
Jagielloński)

Kolub Frennen (University of
Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet
Warszawski)

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
**Peter Clarkwood(University College
London)**
Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**
**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**
Kehan Schreiner(Hebrew University)
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**
**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**
**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

**Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie
85/21, 02-001 Warszawa, Polska»**

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo
Naukowe**

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
**Peter Clarkwood(University College
London)**
Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**
**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**
Kehan Schreiner(Hebrew University)
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**
**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**
**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-
001 Warsaw, Poland»**

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Po-
land

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Mytchenok O.V., Mytchenok M.P., Malyuchenko N.N., Abramchuk I. I. EXPERIENCE OF TEACHING DENTISTRY IN COMBINATION WITH INTERACTIVE TECHNOLOGIES IN THE TEACHING MODERNIZATION IN HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS OF UKRAINE	4
Bov S. S., Gerasimenko L.V., Shekhunova I. A., Dotsenko N. Ya., Yatsenko O.V., Veksler A.S. ASSOCIATION BETWEEN THE STATE OF COGNITIVE FUNCTION AND NATURE OF NUTRITION, SMOKING AND USE OF ALCOHOL IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION	6
Марковский В.Д., Зверева И. С. ВЛИЯНИЕ МАТЕРИНСКОЙ ИНФЕКЦИИ ВЫЗВАННОЙ KLEBSIELLA PNEUMONIAE НА МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ ПОТОМСТВА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ).....	10
Ованесян Р. А., Ованесян И.Г. ФАКТОРЫ РИСКА ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА	14
Попова Т.Н. О ПЕРВИЧНО-МНОЖЕСТВЕННЫХ СИНХРОННЫХ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЯХ	18

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddikov I.Kh., Najmatdinov Kurbonbek, Abubakirov Azizjan, Sarsenbaev Dauletbay Sattarov Khurshid, Khujamatov Khalimjon, Xonturaev Ikrom, Maksudov Moxirbek MODELING OF TRANSFORMING CIRCUITS OF ELECTROMAGNETIC TRANSDUCERS	25
Вітюк А.Є., Корнага Я. І. ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОХИБОК КАЛІБРУВАННЯ НА ТРИВИМІРНУ РЕКОНСТРУКЦІЮ У МОНОКУЛЯРНІЙ СИСТЕМІ ОДНОЧАСНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ.....	29
Новский А.В., Новский В.А., Войтенко И.В. ОСОБЫЕ СВОЙСТВА ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА ОДЕССКОГО РЕГИОНА	35
Краснощок І.О., Данилов В.Я. ЕНКОДЕР-ДЕКОДЕР ЗГОРТКОВА НЕЙРОННА МЕРЕЖА З КОРЕЛЯЦІЙНИМ ШАРОМ ДЛЯ ОЦІНКИ ГЛИБИНИ.....	41
Martynova V.A., Idrisova K.R., Egorov D.V. THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE LEVEL OF SAFETY CULTURE IN THE ORGANIZATION	47
Шиманський М.О., Корнага Я. І., Барабаш А.О. СИСТЕМА ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТЕКСТУ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОНВОЛЮЦІЙНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ.....	51
Сабинин О.Ю., Шабалина Ю.В. МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО АННОТИРОВАНИЯ ТЕКСТОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	56

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Далиев Х.С., Далиев Ш.Х., Атамуратов А.Э., Эруглиев У.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ БЕТАТРОНА И γ -КВАНТОВ ^{60}Co НА ПАРАМЕТРЫ МОП-ТРАНЗИСТОРОВ	60
Riaby V.A., Savinov V.P., Masherov P.E., Yakunin V.G. FULL DIAGNOSTICS OF AN INDUCTIVE PLASMA SECTION OF AN ION THRUSTER MODEL	63

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Mytchenok Oleksandr Victorovich

*Candidate of Medical Sciences,
senior lecturer of chair therapeutic dentistry
Higher State Educational Establishment of Ukraine
"Bucovinian Stat Medical University"*

Mytchenok Maria Petrovna

*teachingasistent of chair pediatric dentistry
Higher State Educational Establishment of Ukraine
"Bucovinian Stat Medical University"*

Malyuchenko Nikolay Nikolaevich

*Candidate of Medical Sciences,
senior lecturer of propedeutics of orthopedic dentistry
Ukrainian Medical Stomatological Academy*

Abramchuk Ivanna Ivanivna

*teachingasistent of chair therapeutic dentistry
Higher State Educational Establishment of Ukraine
"Bucovinian Stat Medical University"*

EXPERIENCE OF TEACHING DENTISTRY IN COMBINATION WITH INTERACTIVE TECHNOLOGIES IN THE TEACHING MODERNIZATION IN HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS OF UKRAINE

Summary. This methodological article highlights and reason modern principles of optimization of teaching at the Department of Therapeutic dentistry, the Department of Surgical and Pediatric dentistry BSMU and at the Department of Propedeutics of Prosthetic dentistry UMSA for students of different forms of learning. The introduction of new computer technologies in educational process is well-grounded.

Keywords: interactive teaching methods, dentistry, dentist.

Introduction. Students learning level largely depends on visual technical facilities that teacher use during practical classes. Teachers are committed to seek further implementation of modern forms and methods of educational work into practice, which mainly concerns the use of interactive computer technology [1]. Students also assess the level of teacher's training, his awareness of new technologies and require the most precise teaching of the discipline during practical classes.

Main part. The purpose of learning therapeutic dentistry, surgical and pediatric dentistry, propedeutics of prosthetic dentistry is the formation of clinical thinking in students during studying "Dentistry" using interactive teaching methods, including modern computer technology.

Clinical thinking in the current development of dentistry - is a way of thinking, based on theoretical concepts of health, that explains the nature of the disease, its clinical manifestations, and allows us to formulate the strategy and tactics of its diagnostics, treatment and prevention [2, 3].

During studying the disciplines "Therapeutic dentistry", "Surgical and Pediatric Dentistry" and "Propedeutics of Prosthetic dentistry" students form practical skills that can be used only with the individual approach to learning, that is active gain of knowledge with the further ability to apply it [4, 6]. Therefore, special attention is paid to solving situational problems that requires students to have not only the knowledge of the theoretical foundations of the discipline, but also the ability to think logically, to analyze information and

summarize it. [5] The staff of the Department of Therapeutic dentistry and the Department of Surgical and Pediatric dentistry of BSMU developed training manuals, which make the mastering of basics easier for students. Considering the impact of new technologies specifically on the learning process was noted that distance learning promotes self-discipline, creative material absorption, and encourages the independent search for information on the topic of the class. Therefore, to improve the professional capacity of students in Bucovinian State Medical University information system Moodle - distance learning system was established (<http://moodle.bsmu.edu.ua>). The system of distance learning makes it possible not only to inspect the classes, but also watch the video, lecture presentation on the subject, to learn about current medications used to treat certain clinical diseases, examine regulations that regulate the actions of the physician in a particular situation or during emergency, view a list of modern literature. The system allows for computer testing of any subject and assess the quality of knowledge. At the same time, when filling Moodle, teachers of Bucovinian State Medical University use new materials in each discipline, including English, which improves the quality of students knowledge.

Moodle system structuring makes the process of learning easier during each individual class and the school year as a whole.

The guidelines for each class of every subject taught at the department were developed and presented to the public by the staff of the UMSA and of the BSMU.

Clinical tests of different levels aimed on improving the practical skills and the knowledge of students is an important aspect of teaching. To address this aim, the lecture hall of the Department of Therapeutic dentistry has installed the multimedia set for the possibility of projection the material on a large screen, which is used as an interactive form of students work with tests, resulting in simultaneous work of auditory and visual analyzers.

Each test consists of three slides: on the first displayed question, the second – different answers, and the third - the right answer.

This is the form of work that promotes advanced study of courses and preparation for the “Step”.

To fulfill these tasks the departments lay a basis with the proposed method of teaching students using interactive tools in recent years. Such approach allows to start preparing future dentists for work with patients by obtaining some skills in pre-clinical stage. In the initial stages of training students form the tactile memory of skills and abilities by mastering each step of algorithmic manipulations through the use of educational phantoms, simulators and dummies. Senior students work on practical skills of emergency situations and implement a number of new educational technologies by themselves. The Department of Propedeutics of Prosthetic dentistry has its own computer lab with computer test program. All the tests are divided into three major sections of each module.

The first section controls the entry-level of knowledge on topics of practical lessons. It consists of 15 tests from the database tests "Step 2". Each student is given 1 minute to answer. After the last test question, the program displays the number of correct answers and the initial assessment of the degree of students to prepare them for practical classes. That means that teacher does not lose time on the evaluation of students, which greatly improves the level of teaching.

The second section is the Rector's program monitoring of students' knowledge, that takes place before the final module control and consists of 30 tests questions of all sections of the module. Students are given 30 minutes to complete all the tests, then the results of test control goes to a teacher display.

The third section is the final module control, which consists of two parts: the first includes tests from the database "Step 2", the second - five situational problems. After student answers the last question, teacher determines the overall score for the final module control.

The program for testing is created in such a way, that whenever starting a new test, questions are determined randomly, and the answers differ every time.

This eliminates the cheating among students. Conducting computer test control excludes the human factor, unifies testing for all students and prevents any manifestation of corruption at this stage.

Computer network "Internet" has the essential meaning to the training of highly qualified personnel, and is mostly the main source of information nowadays. Internet has become a source of not only text but also video information for teachers and students of the latest advances in therapeutic dentistry of Ukrainian, CIS and the world's scientists.

The Departments have available free WI-FI internet, enabling both teachers and students to get the necessary information, using multimedia set - to demonstrate the latest technologies during classes.

Conclusions. The improvement of training quality includes not only the refinement of content of training, but also the perfection of forms and methods and organization of educational process in accordance with the patterns of the process of assimilation. The overall objective of the system of student learning is the constant use of modern computer technologies to optimize the teaching of the theoretical part of practical training courses that will significantly contribute to the quality of training future professionals, using personal computers in their future dental practice.

The prospect of further research is the search of new, more effective ways to improve and modernize teaching techniques to students of dental faculties.

Literature.

1. Разработка и внедрение модульной технологии обучения в образовательном процессе по специальностям «Лечебное дело», «Стоматология»: методические рекомендации. Московская медицинская академия им. И. М. Сеченова – М.: Медицина для всех, 2007 – 44с.

2. Болонський процес у фактах і документах. – К.: Тернопіль, 2003. – 54с. Горшунова Н.К. Інноваційні технології в підготовці врача в системі неперервного професійного освіти // Фундаментальні дослідження. – 2009. – №2 – с. 86- 88.

3. Вербицкий А. А. Компетентностный подход и теория контекстного обучения : учеб. для вузов / А. А. Вербицкий. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2002. – 83 с.

4. Саркулова С. М. Инновационный метод контроля знаний и навыков – OSCE. Учебно-методическое пособие. Шымкент 2003 г. с. 67.

5. Байденко В. И. Болонский процесс: структурная реформа высшего образования Европы. Изд. 3-е испр. и доп. / В. И. Байденко // М.: Российский Новый Университет, 2003. – 128 с.

Boev S. S.

candidate of Science (Medicine), Associate Professor of the Department of Cardiology, SI "Zaporizhzhya Medical Academy of Postgraduate Education Ministry of Health of Ukraine";

Gerasimenko L. V.

candidate of Science (Medicine), Assistant of the Department of Cardiology, SI "Zaporozhye Medical Academy of Postgraduate Education Ministry of Health of Ukraine";

Shekhunova I. A.

candidate of Science (Medicine), Associate Professor of the Department of Cardiology, SI "Zaporozhye Medical Academy of Postgraduate Education Ministry of Health of Ukraine";

Dotsenko N. Ya.

doctor of Science (Medicine), professor of the Department of Cardiology, SI "Zaporozhye Medical Academy of Postgraduate Education Ministry of Health of Ukraine";

Yatsenko O. V.

Assistant of the Department of Internal Medicine №3, Zaporozhye State Medical University ;

Veksler A. S.

Doctor of therapy, Dnepropetrovsk Regional Hospital of the War Veterans.

ASSOCIATION BETWEEN THE STATE OF COGNITIVE FUNCTION AND NATURE OF NUTRITION, SMOKING AND USE OF ALCOHOL IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

Abstract

Arterial hypertension is one of the most significant medical problems. In recent years, numerous studies have demonstrated the role of hypertension as an independent risk factor in the development and progression of cognitive impairment in the general population. The identification of modifiable factors that predispose and aggravate cognitive dysfunction in patients with arterial hypertension is currently relevant.

Objective: to study the state of cognitive functions and psychoemotional status depending on lifestyle factors, such as smoking, nutrition, use of alcohol, in patients with arterial hypertension.

Material and Methods:

102 patients with hypertensive disease of the II stage, average age of 49.84 ± 0.83 years, were examined.

To assess cognitive functions, the Montreal Evaluation Scale (MoCA- test) was used. The level of reactive anxiety was determined using the Spielberger questionnaire. To assess the severity of depression, the Beck- depression scale was used.

Results: Analyzing the results of psychoemotional tests and cognitive function according to the overall score, a greater degree of anxiety and a greater degree of cognitive dysfunction were noted in the 2nd group of patients, who preferred meat, sweets, and few plant products. The absence of depression was least noticed in people who abused alcohol, and was noted in 43.3%, 43.3% and 33.3% of patients ($p < 0.05$ when comparing groups 1 and 3 and comparison of groups 2 and 3, respectively).

Among the alcohol abusers, there were fewer with mild reactive anxiety, and those with cognitive impairment prevailed, with moderate alcohol consumption there were more people with mild anxiety.

The best psychoemotional background was detected with moderate smoking, and cognitive impairment was much more frequent among heavy smokers.

Conclusions: In patients with AH stage II who did not receive antihypertensive therapy or were treated irregularly in the presence of lifestyle factors such as a lack of preferences for rational nutrition, alcohol abuse, and smoking, cognitive impairment is found 2.2-4.2 times more often.

The most effective strategy in solving this problem can be with simultaneous exposure to several risk factors, including necessarily and effective treatment of arterial hypertension.

Key words: arterial hypertension, cognitive impairment, modifiable risk factors.

Introduction. In recent years, more attention has been paid to early manifestations of brain damage as a target organ in arterial hypertension (AH). It has been shown that brain damage can manifest not only by stroke, but also by impaired cognitive functions, which significantly increases the risk of developing dementia, whose frequency reaches 10-15% per year, and for a 5-year follow-up period in 70% of patients moderate cognitive impairment are transformed into dementia [1, 2, 3]. The frequency and severity of cognitive impairment in patients with AH increases with the development and severity of AH and brain damage as a target organ in AH [4]. Progressive growth of cognitive impairment and affective (anxiety, depression) disorders, which are

observed in the majority of patients with AH, which sometimes lead to the development of dementia. Even moderate cognitive impairment of vascular genesis, which are observed in AH, is considered by many authors to be prognostically unfavorable [5] and worsen the quality of life of patients, negatively affecting professional activity, behavior in the family and society, causing emotional distress.

It should be emphasized that the presence of cognitive impairment in a patient with AH does not automatically cause a causal relationship between them and the underlying disease [6]. Since not only the level of blood pressure, but also the way of life, plays an important role in these processes, not only because of the

influence on the aging processes, but also because it further determines how fully and independently the cognitive functioning will be in the elderly. Due to numerous studies, several factors have been identified that affect the biochemical, morphological and physiological processes of brain aging. In many cases, these factors affect the clinical manifestation of cerebrovascular and neurodegenerative diseases [7]. These factors include: the number of calories consumed, the composition and quality of nutrition, the presence of bad habits, physical and cognitive activity, social activity, the use of technical innovations for social communications, maintaining an active emotional life and controlling the negative impact of stressful life events, etc.. At the same time, there are many studies showing that an active, cognitive, rational lifestyle leads to a reduction in the risk of cognitive impairment and dementia [8, 9, 10].

Therefore, the identification of modifiable factors that predispose and aggravate cognitive dysfunction in patients with AH is currently relevant.

Objective: to study the state of cognitive functions and psychoemotional status depending on lifestyle factors, such as smoking, nutrition, use of alcohol, in patients with AH.

Material and methods.

We examined 102 patients with AH stage II who did not receive antihypertensive therapy or were treated irregularly (without achieving target arterial blood pressure levels) at the age of 49.84 ± 0.83 years. 40.2% of AH patients had grade 2, 59.8% had grade 3, and the average duration of the disease was 8.78 ± 0.60 years.

To assess cognitive functions, the Montreal Evaluation Scale (MoCA- test) was used, which is recommended by most experts in the field of cognitive impairment for broad use in everyday clinical practice. The system of formalized assessment of the MoCA-test does not provide for a gradation in terms of the severity of the violations, depending on the scores scored (26 points or more are considered normal) [11]. The level

of reactive anxiety was determined using the Spielberger questionnaire (up to 30 points - low anxiety, 30-45 points - moderate, 46 and higher - high anxiety) [12]. To assess the severity of depression, the Beck- depression scale was used (scores less than 11 - no depression, 11-18 points - subclinical depression, 19-25 points - mild depression, 26-30 points - mild depression, more than 30 points - severe depression) [13].

The diagnosis of essential hypertension was established according to the recommendations of the European Society of Cardiology and of the European Society of Hypertension [14]. The level of blood pressure was assessed in the office measurement and 24-hour blood pressure monitoring. The study did not include patients who underwent craniocerebral trauma, with a permanent form of atrial fibrillation, chronic obstructive pulmonary diseases (respiratory failure of grade 2-3), coronary heart disease, diabetes mellitus, severe liver, kidney impairment, obesity.

The research study is performed in accordance with the provisions of Council of Europe Convention for Protection of Human Rights and biomedicine. Statistical processing of the results of the study was carried out using the computer program "IBM SPSS Statistics 22".

Results

Food. According to the nature of nutrition, which was determined by questioning, the patients were divided into two groups: the 1st group, who preferred healthier food (fish, vegetables, fruits and a limited amount of meat) and the 2nd group, who preferred meat, sweets, and few plant products. Characteristics of patients are presented in Table I. Patients were similar in terms of age, duration of AH, mean daily blood pressure level according to the results of 24-hour blood pressure monitoring. Analyzing the results of psychoemotional tests and cognitive function according to the overall score (Table I), a greater degree of anxiety and a greater degree of cognitive dysfunction were noted in the 2nd group of patients on the MoCA -test scale ($p < 0.05$).

Table I

The indicators of the psychoemotional sphere and the cognitive function, depending on nutrition

Indicators, units of measurement	Groups	
	1st group (n=48)	2nd group (n=54)
Beck scale, scores	12,71±0,99	12,13± 0,76
Test of Spielberger, scores	31,67±1,34	38,46±1,69*
MoCA test, scores	27,23±0,21	23,32±0,42*

* $p < 0.05$

With a more detailed analysis of the results, it can be noted that the absence of depression was noted in 39.6% of the patients of the first group and 38.9% of the second group. In people who prefer healthier food, mild reactive anxiety was noted in 45.8%, moderate - 43.8%, severe - 10.4% of patients. In the second group, severe anxiety was noted in 37.05%, moderate in 37.05%, and mild in only 25.9% of patients ($p < 0.05$ for all levels of anxiety, respectively, in groups). On the MoCA-test scale: cognitive dysfunction was detected in 77.8 0% of patients of the second group and 18.5% of the first ($p < 0.05$). Thus, a larger number of people

who prefer less healthy food have moderate and severe reactive anxiety, cognitive dysfunction.

Alcohol consumption. By the number of alcohol consumed per day, which was determined by questioning, the patients were divided into three groups depending on the doses (one dose = 25 ml of vodka or the equivalent amount of wine or beer). The first group did not use of alcohol or not more than 2 doses, the second - up to 4 doses (moderate consumption), the third - more than 5 doses per day (abuse). The main characteristics of the group differed only in the duration of AH, and there were more men in the group of alcohol abusers (Table II).

Table II

Characteristics of patients depending on the frequency of alcohol use

Indicators, units of measurement	Groups		
	1 st group (n=30)	2 nd group (n=30)	3 rd group (n=42)
Age, years	51,27±1,41	48,40±1,71	49,86±1,27
Sex, m/f	13/17	13/17	35/7
Body mass index, kg /m ²	27,22±0,82	29,20±0,66	28,83±0,60
Duration of the disease, years	10,07±1,32	6,75±0,84 \diamond	9,31±0,89*
average SBP, mmHg	139,77± 2,80	138,80±2,51	138,71±2,32
average DBP, mmHg	86,50±1,92	87,00±1,74	85,31±1,82

* p <0.05 when comparing groups 2 and 3; \diamond p <0.05 when comparing groups 1 and 2

At the general estimation of points, it is established (Table III), that authentic differences were available only on MoCA-test scale at persons of the third

group. Moreover, in the first and second groups, cognitive impairment was noted in 23.3% and 26.7% of patients, respectively, and in cases of alcohol abuse, 88.1% of patients had impairment (p <0.05, respectively).

Table III

Influence of alcohol use frequency on indicators of psychoemotional status and cognitive function

Indicators, unit of measurement	Groups		
	1 st group (n=30)	2 nd group (n=30)	3 rd group (n=42)
Beck scale, scores	12,33±1,27	12,27±1,19	12,55±0,84
Test of Spielberger, scores	34,07±2,05	33,60±1,95	37,31±1,90
MoCA -test, scores	26,77±0,47	26,37±0,24	23,50±0,53* \blacksquare

\blacksquare p <0.05 when comparing groups 1 and 2; * p <0.05 when comparing groups 1 and 3

Attention is drawn to the fact that the absence of depression was least noticed in people who abused alcohol, and was noted in 43.3%, 43.3% and 33.3% of patients (p <0.05 when comparing groups 1 and 3 and comparison of groups 2 and 3, respectively). Mild anxiety was noted in 36.7% of patients of the 1st group, 46.7% in the 2nd group, and 26.2% in the third group of patients (p <0.05 in comparison of groups 1 and 2 and in comparison of 2 and 3 group, respectively). Thus, among the alcohol abusers, there were more people with depression and fewer with mild reactive anxiety, and those with cognitive impairment prevailed, with moderate alcohol consumption there were more people with mild anxiety.

Tobacco smoking. By the number of cigarettes smoked per day, the patients were divided into three groups: the first group did not smoke, the second - smoked up to 1 pack, the third - smoked more than 1 pack of cigarettes (heavy smokers). Patients were comparable in age, duration of AH, mean daily blood pressure level by the results of 24-hour blood pressure monitoring. For all groups of patients (Table IV), with an overall score, the level of reactive anxiety and the degree of depression did not have a statistically significant difference (p > 0.05). Cognitive impairment was more pronounced in smoking groups (p <0.05). Cognitive impairment in groups according to the MoCA-test scale was detected in 31.7%, 40.0% and 70.8% of patients, (p <0.05 when comparing 1 and 3 groups and comparing 2 and 3 groups).

Table IV

Comparative characteristics of the indicators of the psychoemotional sphere and cognitive function in nonsmokers and smokers

Indicators, units of measurement	Groups		
	1 st group (n=30)	2 nd group (n=30)	3 rd group (n=42)
Beck scale, scores	12,13±0,76	11,80±1,53	13,50±1,38
Test of Spielberger, scores	36,03 ±1,55	32,07±3,00	35,25±1,95
McNair memory self-evaluation questionnaire, scores	23,619±1,39	27,27±2,65 $^\circ$	35,71±1,92* \blacksquare
MoCA-test, scores	26,31±0,21	25,53±0,78	24,00±0,56 \blacksquare

\blacksquare p <0.05 when comparing 1 and 3 groups, * p <0.05 when comparing 2 and 3 groups, $^\circ$ p <0.05 when comparing 1 and 2 groups.

Absence of depression was revealed in 43.1% of patients of the 1st group, 60.0% of the 2nd and 25.0% of the 3rd group (p <0.05, respectively between the 2nd

and 1st groups, the 2nd and the 3rd group). Severe and moderate reactive anxiety in 69.9% of patients of the 1st, 33.4%, 2nd and 56.7 3rd groups (p <0.05, respectively between the 2nd and 1st groups and 2- Th and 3rd groups). Thus, the best psychoemotional back-

ground was detected with moderate smoking, and cognitive impairment was much more frequent among heavy smokers. As we found, in the group of persons who did not have a preference for healthy eating, the percentage of smokers was higher by 17.5%, who consumed alcohol by 39%.

Discussion While the nature of nutrition, alcohol consumption and smoking - lifestyle factors - are potentially variable, the mechanisms through which they have a negative effect on the deepening of violations of cognitive functions have not been studied in detail. And information about the effects of various aspects of the diet (including various nutrients and vitamins, food or food groups) on reducing the risk of cognitive impairment is limited and contradictory. Most likely, in our opinion, this is due to the fact that the results may not be entirely accurate, since the consumption of certain products was assessed by questionnaires (questionnaires). And only adherence to the traditional Mediterranean diet, including whole grains, fruits, vegetables, fish and meat restriction, has a more convincing evidence base, indicating the possibility of counteracting the decline of cognitive functions [15, 16]. In our study, in patients with AH with a commitment to a more rational, healthy diet, the incidence of cognitive impairment was 4.2 times less than in those who were indiscriminate in nutrition, in 18.5% of patients. It should be understood that the nature of the diet often depends on other lifestyle factors and demographic variables that can also influence the extent and direction of its impact on cognitive functions [17, 18]. And first of all it concerns the use of alcohol and smoking.

We found that consumption of high doses of alcohol increases the disruption of cognitive functions. So in alcohol abusing alcoholic beverages were found in 3.3 times more often. This is consistent with a large-scale observation (40,435 people for 27 years) who showed that frequent alcohol consumption, but not abstinence from alcohol, is associated with an increased risk of cognitive impairment up to dementia [19]. At the same time, moderate alcohol consumption is consistently associated with a less severe decrease in cognitive functions [20]. Sufficient data based on a systematic review of meta-analyses and controlled randomized studies proved the role of smoking in increasing the risk of developing cognitive impairment [21, 22, 23, 24]. Our study also shows that smoking with AH is associated with cognitive impairment. If non-smokers were found only in 31.7% of patients, then smokers met 2.2 times more often.

The impact of any one lifestyle factor on cognitive impairment seems to be strong enough. And prolonged and constant interaction throughout life can accumulate and exert additional or synergistic value, especially against the background of a risk factor such as AH [25]. Moreover, those who did not have a preference for healthy eating also have other bad habits, like smoking and alcohol abuse. The obtained data on the same occurrence of more severe AH during hypertensive crisis with abstinence and alcohol abuse, as well as in non-smokers and heavy smokers, can not be interpreted as usefulness of these habits, as further consequences are unpredictable and not always unambiguous. Despite

the fact that there are indirect studies showing that alcohol and tobacco use are associated with a higher risk of developing dementia [25].

As a result of the analysis of the current state of data on risk factors and the associated decline in cognitive functions, it is clear that there are still many unresolved issues and considerable uncertainty regarding the relationship between individual risk factors and cognitive impairment (eg, to what extent there is a cause-effect relationship). These issues require further study and analysis. Thus, given that most of the above cardiovascular risk factors are interrelated and included in the general concept of a healthy lifestyle. By focusing on one of the factors of a lifestyle or health, we can not sufficiently influence the reduction in the risk of development and progression of cognitive impairment in AH. Therefore, the most effective strategy in solving this problem can be with simultaneous exposure to several risk factors, including necessarily and effective treatment of AH.

Conclusions.

1. In patients with AH stage II who did not receive antihypertensive therapy or were treated irregularly in the presence of lifestyle factors such as a lack of preferences for rational nutrition, alcohol abuse, and smoking, cognitive impairment is found 2.2-4.2 times more often.

2. Among those who did not have a preference for healthy eating, the share of smokers was higher by 17.5%, who consumed alcohol by 39%.

3. In the presence of lifestyle factors such as a lack of preference for rational nutrition, alcohol abuse, heavy smokers in a larger number of patients with stage II AH, there was a violation of the psychoemotional sphere.

Conflicts of Interest: None.

References

1. Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, Peto R, Collins R. Age specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality. A metaanalysis of individual data for a million adult in 61 prospective studies. Prospective studies collaboration. *Lancet* 2002; 360: 1903-1913.
2. Rockwood K, Black S, Feldman H. Progression to dementia in patients with vascular cognitive impairment without dementia: a multi-centre clinical study. /In: 2nd Congress of the International Society for Vascular Behavioural and Cognitive Disorders (Vas-Cog). Abstract book. – Florence 2005; 105.
3. Zakharov VV. The All-Russian Program of Research on Epidemiology and Therapy of Cognitive Disorders in the Aged Age (Prometey). *J. Neurological* 2006; 11: 27-32.
4. Schneider NA, Petrova MM, Eremina OI. Cognitive impairment in hypertensive patients: risk factors and clinic. *Practical angiology* 2007; 4(52): 6-9.
5. Frisoni GB, Galluzzi S, Bresciani L, Zanetti O, & Geroldi C. Mild cognitive impairment with subcortical vascular features: clinical characteristics and outcome. *J. Neurol* 2002; 249: 1423 - 1432.

6. Mora F. Successful brain aging: plasticity, environmental enrichment and lifestyle. *Dialogues Clin. Neurosci* 2013; 15 (1): 45-52.
7. Rolland Y, van Kan GA, Vellas B. Physical activity and Alzheimer's disease: from prevention to therapeutic perspectives. *J. Am. Med. Dir Assoc.* 2008; 9 (6): 390-405.
8. Valenzuela MJ, Sachdev P. Brain reserve and dementia: a systematic review. *Psychol. Med.* 2006; 36: 441-454.
9. Valenzuela MJ, Sachdev P. Brain reserve and cognitive decline: a non-parametric systematic review. *Psychol. Med.* 2006; 36: 1065-1073.
10. Valenzuela M, Brayne C, Sachdev P, Wilcock G, Matthews F. Cognitive lifestyle and long-term risk of dementia and survival after diagnosis in a multicenter population-based cohort. *Am. J. Epidemiol* 2011; 173: 1004-1012.
11. Molchanova ZhI, Sokolova AA, Anischenko LI. Investigation of cognitive functions in patients with neurological profile. Toolkit. Khanty-Mansiysk 2013.
12. Rybalko EF. Workshop on age psychology. Ed. LA Golovei. SPb: Speech, 2002.
13. Oganov RG, Pogosova GV, Shalnova SA. Depressive disorders in general medical practice according to the KOMPAS study: a view of a cardiologist. *Cardiology* 2005; 8: 6-9.
14. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K, Redón J, Zanchetti A, Böhm M, et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) *J. Hypertens.* 2013; 31 (7): 1281-1357.
15. Valls-Pedret C, Lamuela-Raventós R, Medina-Remón A. Polyphenol-Rich Foods in the Mediterranean Diet are Associated with Better Cognitive Function in Elderly Subjects at High Cardiovascular Risk. *Journal of Alzheimer's Disease.* 2012; 29(4): 773-782.
16. Koyama A, Houston DK, Simonsick EM. Association Between the Mediterranean Diet and Cognitive Decline in a Biracial Population. *The Journals of Gerontology* 2015; 70: 354-359.
17. Lourida I, Soni M, Thompson-Coon J, Pu-randare N, Lang IA, Ukoumunne OC, Llewellyn DJ. Mediterranean diet, cognitive function, and dementia: A systematic review. *Epidemiology* 2013; 24: 479-489.
18. Psaltopoulou T, Sergentanis TN, Panagiotakos DB, Sergentanis IN, Kostis R, Scarmeas N. Mediterranean diet, stroke, cognitive impairment, and depression: A meta-analysis. *Ann. Neurol.* 2013; 74: 580-591.
19. Langballe EM, Ask H, Holmen J, Stordal E, Saltvedt I, Selbæk G, et al. Alcohol consumption and risk of dementia up to 27 years later in a large, population-based sample: the HUNT study, Norway. *European Journal of Epidemiology* 2015; 30: 1049-1056.
20. Nooyens AC, Bueno-de-Mesquita HB, van Gelder BM, van Boxtel MP, Verschuren WM. Consumption of alcoholic beverages and cognitive decline at middle age: the Doetinchem Cohort Study. *British Journal of Nutrition.* 2014; 111(04): 715-723.
21. Plassman BL, Williams Jr JW, Burke JR, Holsinger T, Benjamin S. Systematic review: factors associated with risk for and possible prevention of cognitive decline in later life. *Ann. Intern. Med.* 2010; 153: 182-193.
22. Anstey KJ, von Sanden C, Salim A, O'Kearney R. Smoking as a risk factor for dementia and cognitive decline: A meta-analysis of prospective studies. *Am. J. Epidemiol.* 2007; 166: 367-378.
23. Zhong G, Wang Y, Zhang Y, Guo JJ, Zhao Y. Smoking is associated with an increased risk of dementia: A meta-analysis of prospective cohort studies with investigation of potential effect modifiers. *PLoS One.* 2015; 10(3): e0118333.
24. Kalmijn S1, van Boxtel MP, Verschuren MW, Jolles J, Launer LJ. Cigarette smoking and alcohol consumption in relation to cognitive performance in middle age. *American. J. Epidemiology* 2002; 156: 936-944.
25. Rist PM, Nguyen TT, Whitmer RA. Modifiable risk factors for nursing home admission among individuals with high and low dementia risk. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 2016; 65: 140-145.

Markovskiy V.D.

Doctor of medicine, professor the department of pathological anatomy Kharkiv National Medical University.

Zvereva I.S.

PhD student in Kharkiv National Medical University

Марковский Владимир Дмитриевич

доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической анатомии Харьковского национального медицинского университета

Зверева Ирина Сергеевна

заочный аспирант кафедры патологической анатомии Харьковского национального медицинского университета

IMPACT OF MATERNAL INFECTION CAUSED BY KLEBSIELLA PNEUMONIAE ON MORPHOLOGICAL STATE OF OFFSPRINGS' PULMONARY ARTERY (EXPERIMENTAL STUDY).

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИНСКОЙ ИНФЕКЦИИ ВЫЗВАННОЙ KLEBSIELLA PNEUMONIAE НА МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ ПОТОМСТВА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ).

Summary: Among causes of morbidity and mortality of newborns, the leading role belongs to intrauterine infections. The impact of maternal infection on the morphological and functional features of the pulmonary artery has been studied in this article. Morphological signs of endothelial dysfunction were observed in the vessel during this factor's impact. In future this category of children can be susceptible to cardiovascular pathology. Key words: pulmonary artery, fetus, newborn, infectious-inflammatory process, acute postnatal hypoxia.

Аннотация: Среди причин заболеваемости и смертности новорожденных детей ведущее место принадлежит внутриутробным инфекциям. В статье изучено влияние материнской инфекции на морфофункциональные особенности легочной артерии. Под действием указанного фактора в сосуде наблюдались морфологические признаки эндотелиальной дисфункции. В дальнейшем данная категория детей подвержена сердечно-сосудистой патологии.

Ключевые слова: легочная артерия, плод, новорожденный, инфекционно-воспалительный процесс, острая постнатальная гипоксия.

Вступление. Несмотря на высокий уровень развития современной медицины, вопросы заболеваемости и смертности новорожденных по-прежнему остаются достаточно актуальными. В Украине общий уровень перинатальной смертности на 43,2 % выше среднеевропейских показателей [1]. Среди причин смерти новорожденных детей ведущее место принадлежит внутриутробным инфекциям, обуславливающим 11-45 % перинатальных потерь [2]. По статистике, 27-36 % рожденных живыми детей, среди которых 2/3 недоношенных, внутриутробно инфицированы [3]. Риск инфицирования плода зависит от типа возбудителя, и по данным литературы, составляет от 0,01 до 75% [3, 4, 5]. Данные проведенных исследований свидетельствуют об увеличении роли условно-патогенных микроорганизмов в развитии внутриутробного инфицирования плода.

Инфекционно-воспалительные болезни у женщин в структуре акушерско-гинекологической заболеваемости составляют от 30,0 до 80,0 % [6], и могут стать причиной достаточно серьезных осложнений во время беременности, в ряде случаев приводящих к угрозе для здоровья и жизни плода и новорожденного. Воспалительные процессы мочеполовой системы могут привести к самопроизвольным абортam, мертворождению, инфицированию плода, преждевременной отслойке плаценты, преждевременным родам, плацентарной дисфункции, и как следствие, к гипоксии [7].

По статистике, перинатальная заболеваемость и смертность вследствие внутриутробной гипоксии и острой асфиксии наряду с инфекциями занимает одно из первых мест и составляет 67,0% и 43,0%, соответственно [8, 9]. В большинстве случаев асфиксия новорожденных развивается на фоне внутриутробной гипоксии, являясь ее продолжением. Перенесенная гипоксия истощает возможности детского организма адаптироваться к внеутробному существованию [10], нарушает функционирование органов и систем. Страдает центральная нервная система, в 40-70% - сердечно-сосудистая система [11,12].

Опасность врожденной инфекции, как и гипоксии, обусловлена высокими перинатальными и постнатальными потерями, возможными неблагоприятными отдаленными последствиями. Дети данной категории в дальнейшем могут отставать в развитии, у них наблюдаются интеллектуальные, неврологические нарушения, что снижает качество

жизни и в 50% случаев приводит к инвалидизации [13,14].

В современных отечественных и зарубежных литературных источниках есть информация о морфофункциональных изменениях в легочной артерии у потомства от матерей беременность которых протекала с осложнениями [15, 16, 17]. Вместе с тем, сведения касаемые влияния материнской инфекции на морфологию легочной артерии (ЛА) недостаточны и требуют более тщательного дальнейшего изучения.

Целью данного исследования является выявление морфологических особенностей легочной артерии у потомства лабораторных крыс с подострым пролонгированным инфекционно-воспалительным процессом вызванным *Klebsiella pneumoniae*.

Материалы и методы исследования. Для осуществления поставленных задач на лабораторных крысах линии WAG были проведены два экспериментальных исследования. Крыс разделили на группы. Первую, основную группу, составили плоды и новорожденные от матерей инфицированных *Klebsiella pneumoniae*. В группу сравнения вошли новорожденные крысята подвергшиеся действию острой постнатальной гипоксии (ОПГ).

Первое исследование проводилось в два этапа, и было направлено на изучение влияния материнской инфекции на состояние потомства. На 1-м этапе эксперимента была установлена инфицирующая доза для развития подострого пролонгированного инфекционно-воспалительного процесса. Референс-штаммы *Klebsiella pneumoniae* (NCTC 5055) были выбраны в качестве инфекционного агента. На 2-м этапе работы, в брюшной полости самок смоделировали подострый инфекционно-воспалительный процесс, затем к ним помещали самцов, после наступления беременности полученное потомство (плодов и новорожденных) выводили из эксперимента для дальнейшего исследования.

Для моделирования ОПГ новорожденные крысята в первый день жизни однократно подвергались воздействию высокогорной гипоксии (условия соответствующие подъему на высоту 7500 метров), в течении 20 минут, и затем выводились из эксперимента.

Выведение лабораторных животных из эксперимента проводили путем передозировки тиопентала натрия с дальнейшей декапитацией, с соблю-

дением требований Европейской конвенции о защите позвоночных животных, которых использовали для экспериментальных и иных целей» (Страсбург, 1986).

Во время вскрытия проводили забор материала для морфологического исследования. Для дальнейшего изготовления микропрепаратов кусочки легочной артерии фиксировались в 10 % растворе формалина, и затем заливались парафином. Препараты окрашивались гематоксилином и эозином, методом по Маллори, пикрофуксином по ван Гизону. На микроскопе "Olympus BX-41" с обработкой программой "Olympus DP-soft (version 3.1) и Microsoft Excel проводился весь комплекс морфологических и морфометрических исследований. Полученные при исследовании цифровые данные обрабатывались методами математической статистики с использованием альтернативного и вариационного анализа. Статистическую значимость различий показателей определяли при помощи непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение.

Макроскопическое исследование легочной артерии с помощью лупы ($\times 3, 8$ диоптрий) показало ее идентичность в обеих исследуемых группах. Стенка сосуда была эластичной, с гладкой интимой беловатого цвета. В ходе микроскопического изучения ЛА между двумя группами обнаружены различия.

В группе сравнения, которую составили новорожденные крысы перенесшие острую постнатальную гипоксию, стенка легочной артерии имела три оболочки: внутреннюю, среднюю и наружную (tunica intima, tunica media, tunica adventitia). Внутренняя оболочка сосуда образована эндотелием, базальной мембраной, эластическими волокнами, и без четких границ переходит в среднюю оболочку. Относительные объемы tunica intima и tunica media составили $54,74 \pm 14,36$ %, tunica adventitia – $45,4 \pm 14,36$ %. Эндотелий представлен одноядерными клетками различными по форме и размерам, средней площадью $14,76 \pm 0,57 \times 10^{-11}$ м², расположенными на базальной мембране. Средняя высота эндотелиоцитов равнялась $2,81 \pm 0,05 \times 10^{-6}$ м, ширина $5,95 \pm 0,15 \times 10^{-6}$ м, что свидетельствует об уплощении эндотелиального покрова по сравнению с основной группой. Площадь ядер в среднем составила $7,59 \pm 0,30 \times 10^{-11}$ м², что достоверно больше чем в основной исследуемой группе ($p < 0,05$). Полученные данные, возможно, объясняются тем, что вследствие гипоксии усиливаются метаболические процессы в ядре и ядрышках, как проявление компенсаторно-приспособительных процессов [18]. Средняя площадь цитоплазмы составляла $7,16 \pm 0,37 \times 10^{-11}$ м², ядерно-цитоплазматическое соотношение (ЯЦС) – $1,08 \pm 0,04$. Данные изменения приводили к увеличению площади полей десквамации эндотелиоцитов. В одном поле зрения ($\times 1000$) отмечалось 2-6 десквамированные клетки (4,36 \pm 0,27). Подэндотелиальный слой состоял из рыхлой тонкофибрилярной соединительной ткани, звездчатой формы клеток, гладких мышечных клеток.

Среднюю оболочку сосуда формировали эластические и коллагеновые волокна. Расчет относи-

тельных объемов показал преобладание эластических волокон ($63,41 \pm 10,26\%$) над коллагеновыми ($36,73 \pm 10,26\%$) ($p < 0,05$). Несмотря на то, что гипоксия является стимулом для синтеза коллагенов, полученные данные, видимо, можно объяснить активацией белков фибулинов, фибриллинов и эмилинов, отвечающих за формирование эластических волокон [19]. Данные результаты были схожи с результатами полученными О. В. Калужиной (2015 г.) при проведении экспериментального исследования: как в норме, так и после воздействия хронической внутриутробной гипоксии, в легочной артерии плодов и новорожденных крысы преобладали эластические волокна [15].

Адвентициальная оболочка формировалась большим количеством коллагеновых и эластических волокон, она содержала умеренно полнокровные кровеносные сосуды, лимфатические сосуды, нервные волокна с отсутствием признаков дистрофии. При окрашивании легочной артерии пикрофуксином по ван Гизон наблюдалась умеренная фуксинофилия что свидетельствует о наличии склеротических процессов.

Во вторую исследуемую группу вошли плоды и новорожденные рожденные матерями инфицированными *Klebsiella pneumoniae*. Стенка легочной артерии также состояла из трех оболочек - внутренней, средней, наружной. Показатели относительных объемов tunica intima и tunica media в сравнении с группой новорожденных подвергавшихся воздействию острой постнатальной гипоксии достоверно увеличивались ($59,67 \pm 8,95$ %) ($p < 0,05$), а объемы tunica adventitia уменьшались ($40,49 \pm 8,95$ %) ($p < 0,05$), данные показатели можно расценивать как развитие склеротических процессов.

На базальной мембране располагались одноядерные эндотелиоциты средней площадью $15,36 \pm 0,31 \times 10^{-11}$ м², средней высоты $2,88 \pm 0,06 \times 10^{-6}$ м и ширины $5,74 \pm 0,8 \times 10^{-6}$ м, что достоверно больше показателей первой группы ($p < 0,05$).

Наблюдалось достоверное уменьшение средней площади ядер ($6,95 \pm 0,20 \times 10^{-11}$ м², $p < 0,05$). Показатели средней площади цитоплазмы увеличивались ($8,40 \pm 0,18 \times 10^{-11}$ м², $p < 0,05$), ядерно-цитоплазматическое соотношение равнялось $0,83 \pm 0,02$ ($p < 0,05$), что достоверно отличалось от данных группы потомства перенесшего ОПГ. В отличие от группы новорожденных подвергавшихся действию гипоксии, десквамация эндотелиальных клеток в одном поле зрения ($\times 1000$) достоверно уменьшалась ($2,54 \pm 0,34$, $p < 0,05$). По нашему мнению, полученные результаты можно объяснить тем, что во время подострого пролонгированного инфекционно-воспалительного процесса успевали развиваться компенсаторно-приспособительные процессы. Тогда как гипоксия, в нашем экспериментальном исследовании носила острый характер, оказывало стрессорное воздействие на сосуды, что усиливало десквамацию эндотелиоцитов. Подэндотелиальный слой представлен рыхлой волокнистой соединительной тканью, клетками звездчатой формы, гладкими миоцитами. Медиальная оболочка сформирована эластическими и коллагено-

выми волокнами, их относительные объемы составляли $54,89 \pm 12,06$ % и $45,27 \pm 12,06$ % соответственно.

Наружная оболочка состояла из коллагеновых и эластических волокон, умеренно полнокровных кровеносных сосудов, лимфатических сосудов и нервных волокон без признаков дистрофии. При окраске пикрофуксином по ван Гизон в адвентициальной оболочке отмечалась умеренная фуксинофилия, что свидетельствует о возникновении умеренно выраженных склеротических процессов.

Выводы.

1. В группе потомства рожденного от инфицированных матерей средняя толщина легочной артерии увеличивалась по сравнению с группой новорожденных подвергавшихся воздействию острой постнатальной гипоксии за счет интимы-медии, что ухудшает трофику, снижает эластичные свойства стенки сосуда.

2. В обеих исследуемых группах выявлены морфологические признаки эндотелиальной дисфункции выражающиеся в уплощении эндотелиальных клеток, местами расположенных вертикально по отношению к базальной мембране, с их дальнейшей десквамацией больше выраженной в группе ОПГ, что видимо связано с остротой процесса. В адвентициальной оболочке сосудов обеих групп выявлены склеротические изменения.

3. Под влиянием острой постнатальной гипоксии в стенке легочной артерии изменяется количественное соотношение волокон. Преобладание эластических волокон можно объяснить активацией белков фибулинов, фибрилинов, эмилинов, ответственных за формирование данного вида волокон.

Перспективность исследования: будет проведено иммуногистохимическое исследование.

Список литературы:

1. Лехан В.М. Перинатальна смертність в Україні: досягнення та проблеми / В.М. Лехан, В.Г. Гінзбург // Україна. Здоров'я нації. — 2012. — № 1. — С. 15—25.
2. Внутриутробная инфекция: современное состояние проблемы / Н.М. Подзолкова, М.Ю. Скворцова, Н.И. Мельникова, И.Ф. Острейков // Акушерство и гинекология. — 2009. — № 3. — С. 27—32.
3. Боровкова Е.И. Взаимодействие возбудителей инфекции с организмом беременной как фактор риска внутриутробного инфицирования плода / Е.И. Боровкова // Здоровье женщины. — 2013. — № 2. — С. 95—98.
4. Внутриутробные инфекции: диагностика, лечение, профилактика / А.Л. Заплатников, Н.А. Коровина, М.Ю. Корнева [и др.] // Медицина неотложных состояний. — 2013. — № 1. — С. 14—20.
5. Внутрішньоутробні інфекції. Епідеміологія, клініка, діагностика та сучасні принципи терапії у вагітних жінок та дітей / Ю.П. Ткаченко, Г.О. Леженко, Ю.Г. Резніченко, Г.І. Резніченко. — Донецьк: Заславський А.Ю., 2012. — 141 с.
6. Дмитриев Г.А., Глазко И.И. Диагностика инфекций, передаваемых половым путем. — М.: Бинном, 2007. — 320 с.
7. Боровкова Е.И. Взаимодействие возбудителей инфекции с организмом беременной как фактор

риска внутриутробного инфицирования плода / Е.И. Боровкова // Здоровье женщины. — 2013. — № 2. — С. 95—98.

8. Постгипоксический синдром дезадаптации сердечно-сосудистой системы у новорожденных и детей раннего возраста / Л.В.Симонова, Н.П. Котлукова, М.Е. Ерофеева, О.Я. Карпова [и др.] // Педиатрия. — 2001. — №3. — С. 17—21.

9. Баринов Е. Х. Профилактика неблагоприятных исходов в неонатологии – важная проблема современного здравоохранения / Е. Х. Баринов, Б. М. Муздыбаев, П. О. Ромодановский // Актуальные вопросы судебной медицины и права: Сб. научн.-практ. работ. — Казань. — 2011. — № 2 — С. 17– 21.

10. Цой Е.Г. Влияние хронической внутриутробной гипоксии на постнатальную адаптацию у новорожденных и методы коррекции / Е.Г. Цой // Мать и дитя в Кузбассе. — 2004. — №2 (17). — С. 14—19.

11. Прахов А.В. Систематизация неонатальных функциональных кардиопатий/ А.В. Прахов // Российский вестник перинатологии и педиатрии — 2010. — № 2. — С.14—18.

12. Шейбак Л. Н. Влияние фактора гипоксии на сердце новорожденного/ Л.Н. Шейбак // «Медицинские новости». — 2008. — №2. — С. 18—22.

13. Посохова С.П. Прогностические критерии реализации внутриутробного инфицирования плода при недоношенной беременности и преждевременном разрыве плодных оболочек / С.П. Посохова, Е.А. Ниточко // Здоровье женщины. — 2012. — № 8. — С. 117—120.

14. Крамарев С. О. Проблеми питань інфекційних хвороб в Україні / С.О. Крамарев // Здоров'я України. — 2007. — № 2 / 1. — С. 7—8.

15. Калужина О. В. Влияние хронической внутриутробной гипоксии на морфологическое состояние легочной артерии у плодов и новорожденных (экспериментальное исследование) / О. В. Калужина // Вісник Української медичної стоматологічної академії. — 2015. — Т. 15. — № 1 (49). — С. 168—171.

16. Сорокина И.В., Калужина О.В., Резанова О.С./ Морфологические особенности гладких миоцитов легочной артерии у плодов и новорожденных от матерей с преэклампсией. // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. — 2014. — Т. 9. — № 2. — С. 684—685.

17. Марковский В.Д., Сорокіна І.В, Калужина О.В. / Морфологічні особливості легеневої артерії у плодів і новонароджених від матерів з преєклампсією. // Експериментальна і клінічна медицина. — 2014. — № 3 (64). — С. 86—90.

18. Кихтенко Е.В. Особенности эмбриогенеза адренкортикотропозитов аденогипофиза плода в условиях хронической внутриутробной гипоксии / Е.В. Кихтенко // Український морфологічний альманах. — 2009. — Т. 7. — № 1. — С. 34—35.

19. Камоева С.В. Ферментные и генетические аспекты патогенеза пролапса тазовых органов и дисфункции тазового дна у женщин / С.В. Камоева // Российский вестник акушера-гинеколога. — 2013. — № 3. — С.31—35.

Hovhannesian R.A.

MD, PhD, professor, Head of the Department of Biomedicine,
Yerevan State University, Yerevan, Republic of Armenia

Hovhannisyian I.G.

MD, Assistant professor of the Department of Neurology,
Yerevan State Medical University, Yerevan, Republic of Armenia

Ованесян Рубен Андреевич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой биомедицины,
Ереванский государственный университет, Ереван, Республика Армения

Ованесян Ирэн Гургеновна

кандидат медицинских наук, доцент кафедры неврологии,
Ереванский государственный медицинский университет, Ереван, Республика Армения

RISK FACTORS FOR ISCHEMIC STROKE ФАКТОРЫ РИСКА ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

Summary: A study of risk factors (RF) in 108 patients with ischemic stroke (IS). In men, the main FR of the development of IS are atherosclerosis (29.1%), arterial hypertension (27.2%) and coronary heart disease (25.2%). In men with ischemic heart disease, the development of IS is more likely (25.2%) than for women (14.6%). In women, diabetes and obesity are more significant in the development of IS than in men (27.2% versus 17.4% and 8.7%, versus 1.0%). In men, smoking is a very significant RF (71.0%). The women of our cohort did not smoke. Stressful situation as ischemic stroke risk factors noted 9 males (29.0%) and 4 women (100.0%). Thus, the main modifiable PR of AI in patients of our cohort had, to a greater extent, atherosclerosis, hypertension, ischemic heart disease, diabetes and their various combinations and, to a lesser extent, smoking and stress.

Key words: atherosclerosis, cigarette smoking, coronary artery disease, diabetes, hypertension, ischemic stroke, obesity, risk factors, stress.

Аннотация: Проведено изучение факторов риска (ФР) у 108-и больных ишемическим инсультом (ИИ). У мужчин основными ФР развития ИИ являются атеросклероз (29,1%), артериальная гипертензия (27,2%) и ишемическая болезнь сердца (25,2%). У мужчин с ИБС развитие ИИ является более вероятным (25,2%), чем у женщин (14,6%). У женщин диабет и ожирение являются более значимыми ФР развития ИИ, чем у мужчин (27,2% против 17,4% и 8,7% против 1,0% соответственно). У мужчин курение является весьма значимым ФР (71,0%). Женщины нашей когорты не курили. Стрессовую ситуацию в качестве ФР развития ИИ отметили 9 мужчин (29,0%) и 4 женщины (100,0%). Таким образом, основными модифицируемыми ФР ИИ у больных нашей когорты были, в большей степени, атеросклероз, гипертония, ИБС, диабет и их различные сочетания и, в меньшей степени, курение и стресс, которые служили ФР, в основном, для мужчин молодого возраста.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, атеросклероз, диабет, ишемическая болезнь сердца, ишемический инсульт, курение, ожирение, стресс, факторы риска.

Постановка проблемы. В развитии ишемического инсульта (ИИ) большую роль играют эндогенные и экзогенные факторы риска (ФР). Согласно клиническим рекомендациям Американской ассоциации сердца и Американской ассоциации инсульта (American Heart Association/American Stroke Association) ФР инсульта подразделяются на модифицируемые, немодифицируемые и малоизученные [1–5].

Немодифицируемые факторы:

1. возраст;
2. пол;
3. низкий вес при рождении;
4. расовая принадлежность;
5. генетические факторы.

Модифицируемые факторы:

1. артериальная гипертензия;
2. курение;
3. сахарный диабет;
4. гиперлипидемия (дислипидемия);
5. заболевания сердечно-сосудистой системы;
6. мерцательная аритмия;

7. бессимптомный стеноз сонных артерий;
8. серповидноклеточная анемия;
9. гормональная терапия в постменопаузальный период;
10. оральные контрацептивы;
11. неправильная диета;
12. частые стрессы;
13. недостаточная физическая активность;
14. ожирение.

Менее изученные или потенциально модифицируемые факторы риска:

1. мигрень;
2. метаболический синдром;
3. злоупотребление алкоголем;
4. наркомания;
5. апноэ во сне;
6. гипергомоцистеинемия;
7. повышенная свертываемость крови;
8. воспаления и инфекции.

Цель исследования. Изучить структуру и частоту факторов риска ишемического инсульта.

Пациенты и методы. В настоящее проспективное клиническое когортное исследование включены 108 больных ИИ, находившихся на лечении в отделении сосудистой неврологии МЦ «Сурб Григор Лусаворич» в период с 2010 по 2013 гг.

Критерии включения: ИИ полушарной локализации; госпитализация больных в первые сутки развития инсульта, больные, выжившие к исходу 7-х суток госпитализации.

Критерии исключения: госпитализация больных в сроки более 24-х часов; инфаркт миокарда; тяжелая форма сахарного диабета; инфекционные и воспалительные заболевания; печеночная недостаточность; почечная недостаточность; злокачественные опухоли; психические болезни; беременность.

В исследуемой когорте было 59 (54,6%) мужчин и 49 (45,4%) женщин. Возраст больных колебался от 30 до 90 лет, составляя в среднем $67,56 \pm 11,34$ лет. 93 (86,1%) больных выписались из клиники с улучшением состояния, а у 15-и (13,9%) отмечался летальный исход.

Результаты исследования. У больных нашей когорты в анамнезе отмечались те или иные немодифицируемые и модифицируемые ФР развития ИИ. В табл. 1 представлено распределение больных ИИ по полу и исходу заболевания.

Таблица 1

Распределение больных ИИ по полу и исходу заболевания

Пол	Улучшение		Летальный исход		Всего	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
мужчины	54	91,5	5	8,5	59	100,0
женщины	39	79,6	10	20,4	49	100,0
итого	93	86,1	15	13,9	108	100

Анализ летальности в зависимости от гендерных различий показал следующее: как видно из табл. 1, летальность среди женщин превышала таковую среди мужчин в 2 раза (66,7% против 33,3% соответственно). Эти показатели несколько превышают данные мировой статистики, согласно которым летальный исход у женщин возникает \approx в 43-45 % случаев, а у мужчин – \approx в 34-36 % [6].

Представляло интерес сопоставление данных относительно возраста больных ИИ нашей когорты с данными мировой статистики. В табл. 2 и 3 представлены описательная статистика и распределение больных с ИИ по полу и возрасту.

Таблица 2

Описательная статистика переменной «возраст»

n	Min	Max	M	SD	Me	Q ₁	Q ₃	95% ДИ для M	
								нижняя граница	верхняя граница
108	30	90	67,56	11,34	70,00	62,00	75,00	65,38	69,56

Примечание: M – среднее арифметическое; SD – стандартное квадратичное отклонение; Me – медиана; Q₁ – нижний (25%) процентиль; Q₃ – верхний (75%) процентиль; ДИ – доверительный интервал.

Как видно из табл. 2, возраст больных колебался от 30 до 90 лет, составляя в среднем $67,56 \pm 11,34$ лет при 95% ДИ от 65,38% до 69,56%. При этом, медиана составила 70 (Q₁=62; Q₃=75).

Таблица 3

Распределение больных ИИ по полу и возрасту

Пол	30-49		50-59		60-69		70-79		80-90		Всего	
	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%
М	7	11,9	12	20,3	21	35,6	15	25,4	4	6,8	59	100
Ж	0	0,0	2	4,1	6	12,2	36	73,5	5	10,2	49	100
Итого	7	6,5	14	13,0	27	25,0	51	47,2	9	8,3	108	100

Примечание: М – мужчины; Ж – женщины.

Из табл. 3 видно, что частота ИИ увеличивается с возрастом больных, достигая своего пика (47,2%) в возрасте от 70 до 79 лет. Это в известной степени согласуется с данными Г.А.Ованесяна [7], согласно которым для мужчин характерно развитие ИИ в более раннем возрасте (начиная с 25 лет), в то время, как женщины заболевают после 40-45 лет. В нашем исследовании самый молодой возраст был зафиксирован у мужчины – 30 лет, а у женщин – 51

год. В возрастной группе 60-69 лет заболеваемость ИИ выше у мужчин в 3,5 раза. С возрастом половые различия сглаживаются и заболеваемость среди женщин начинает превалировать. Так, в возрастной группе 70-79 лет заболеваемость ИИ у женщин в 2,4 раза выше, чем у мужчин. Наши данные в известной степени согласуются также с данными Фремингемского исследования (1985), согласно которым в молодом возрасте ОНМК менее выражены у женщин, чем у мужчин.

ФР «расовая принадлежность» является постоянной величиной (все больные белой расы; 96,3% – армяне) и поэтому не подлежит расчету. К сожалению, остальные немодифицируемые ФР («низкий вес при рождении» и «генетические факторы») не

представляется возможным изучить, вследствие отсутствия сведений об этих факторах в историях болезни.

Анализ связи между гендерной характеристикой больных и модифицируемыми ФР развития ИИ представлен в табл. 4–8.

Таблица 4

Распределение больных по полу и фактору риска (изолированные заболевания)

Пол	Атеросклероз		Гипертензия		ИБС		Диабет		Ожирение	
	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%
мужчины	15	25,4	8	13,6	11	18,6	7	11,7	1	1,7
женщины	3	6,1	12	24,5	8	16,3	13	26,5	5	10,1
Итого	18	16,7	20	18,5	19	17,6	20	18,5	6	5,6

Примечание: проценты рассчитаны от числа мужчин (59), женщин (49) и общего числа больных (108) соответственно.

Как видно из табл. 4, среди мужчин основным модифицируемым ФР развития ИИ является атеросклероз (25,4%) и, в меньшей степени, артериальная гипертензия (13,6%). Напротив, у женщин с артериальной гипертензией развитие ИИ является более вероятным (24,5%), нежели у женщин,

страдающих атеросклерозом (6,1%). ИБС выступает в качестве ФР у мужчин в большей степени чем у женщин (18,6% и 16,3% соответственно). У женщин, страдающих диабетом, риск развития ИИ в 2 раза выше, чем у мужчин, больных диабетом (26,5% и 11,7% соответственно). Ожирение выступает в качестве ФР развития ИИ у женщин в 5 раз чаще, чем у мужчин (10,1% и 1,7% соответственно).

Таблица 5

Распределение больных по полу и фактору риска (сочетанные заболевания)

Пол	Атеросклероз, гипертензия		ИБС, гипертензия, диабет		Атеросклероз, гипертензия, диабет		Атеросклероз, гипертензия, ожирение	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
мужчины	8	13,6	9	15,2	2	3,4	0	0,0
женщины	5	10,2	6	12,2	9	18,4	4	8,2
Итого	13	12,0	15	13,9	11	10,2	6	5,5

Примечание: те же, что и к табл. 4.

Как видно из табл. 5, сочетание атеросклероза с артериальной гипертензией выступает практически равной этиологической причиной возникновения ИИ как для мужчин, так и для женщин (13,6% и 10,2% соответственно). А вот сочетание атеросклероза, артериальной гипертензии и диабета выступает в качестве ФР развития ИИ у женщин в 4,5

раз чаще чем у мужчин (18,4% против 3,4%). Наиболее высока вероятность развития ИИ при сочетании ИБС, артериальной гипертензии и диабета как у мужчин (15,2%), так и у женщин (12,2%).

Таблица 6

Распределение больных по полу и фактору риска (курение и стресс)

Пол	Курение		Стресс		Курение, стресс	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
мужчины	4	2,2	1	1,1	7	3,8
женщины	0	0,0	1	2,0	0	0,0
Итого	4	3,7	2	1,9	7	6,5

Примечание: те же, что и к табл. 4.

Как видно из табл. 6, у мужчин курение является более частым ФР (2,2%), чем стресс (1,1%). Следует особо отметить 7 (3,8%) мужчин, у которых присутствуют оба ФР – и курение и стресс.

Женщины нашей когорты не курили, стрессовую же ситуацию в качестве ФР развития ИИ отметила всего 1 (2,0%) пациентка.

Таблица 7

Распределение больных по полу и фактору риска (болезни + курение)

Пол	Атеросклероз, курение		Гипертензия, курение		ИБС, курение	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
мужчины	4	6,8	1	1,7	6	10,2
женщины	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Итого	4	3,7	1	0,9	6	5,6

Примечание: те же, что и к табл. 4.

Как видно из табл. 7, у мужчин сочетание ИБС и курения (10,2%) выступает в качестве ФР развития ИИ чаще, чем сочетание атеросклероза и курения

(6,8%) и сочетание артериальной гипертензии и курения (1,7%). Повторимся, что женщины нашей когорты не курили.

Таблица 8 Распределение больных по полу и фактору риска (болезни + стресс)

Пол	Атеросклероз, стресс		Гипертензия, стресс		ИБС, стресс	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
мужчины	1	1,7	0	0,0	0	0,0
женщины	0	0,0	2	4,1	1	2,0
Итого	2	0,9	2	1,9	2	0,9

Примечание: те же, что и к табл. 4.

Как видно из табл. 8, у мужчин сочетание атеросклероза и стресса выступает в качестве ФР развития ИИ в 1-ом случае (1,7%). У женщин сочетание артериальной гипертензии и стресса (4,1%) выступает в качестве ФР в 2 раза чаще, чем ИБС и стресса (2,0%).

Для составления более целостной картины о частоте и структуре ФР и большей наглядности мы составили также две результирующие таблицы (табл. 9 и 10) для эндогенных и экзогенных ФР.

Таблица 9

Распределение больных по полу и фактору риска(эндогенные факторы)

Пол	Атеросклероз		Гипертензия		ИБС		Диабет		Ожирение		Всего	
	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%	абс.ч.	%
М	30	29,1	28	27,2	26	25,2	18	17,4	1	1,0	103	100
Ж	17	16,5	34	33,0	15	14,6	28	27,2	9	8,7	103	100
Итого	47	22,8	62	30,1	41	19,9	46	22,3	10	4,8	206	100

Примечание: М – мужчины; Ж – женщины; проценты рассчитаны от общего числа ФР для гендерных категорий.

Как видно из табл. 9, у мужчин основными ФР развития ИИ являются атеросклероз (29,1%), артериальная гипертензия (27,2% и ИБС (25,2%). У мужчин с ИБС развитие ИИ является более вероятным (25,2%), чем у женщин (14,6%). У женщин с

артериальной гипертензией развитие ИИ является более вероятным (33,0%), нежели у женщин, страдающих атеросклерозом (16,5%). У женщин диабет и ожирение являются более значимыми ФР развития ИИ, чем у мужчин (27,2% против 17,4% и 8,7% против 1,0% соответственно).

Таблица 10

Распределение больных по полу и фактору риска (экзогенные факторы)

Пол	Курение		Стресс		Всего	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
мужчины	22	71,0	9	29,0	31	100
женщины	0	0,0	4	100,0	4	100
Итого	22	62,9	13	37,1	35	100

Примечание: проценты рассчитаны от общего числа ФР для гендерных категорий.

Как видно из табл. 10, у мужчин курение является весьма значимым ФР (71,0%). Женщины нашей когорты не курили. Стрессовую ситуацию в качестве ФР развития ИИ отметили 9 мужчин (29,0%) и 4 женщины (100,0%).

Выводы. Таким образом, основными модифицируемыми ФР развития ИИ у больных нашей когорты были, в большей степени, атеросклероз, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь

сердца, диабет и их различные сочетания и, в меньшей степени, курение и стресс, которые служили ФР, в основном, для мужчин молодого возраста.

Финансирование исследований производилось при содействии Государственного комитета по науке Министерства образования и науки РА (грант №11-3b496).

Конфликт интересов отсутствует.

Адрес для корреспонденции: Ованесян Рубен Андреевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой биомедицины Института фармации Ереванского государственного университета; тел.: (+37491)496037; email: hovrouben@gmail.com

Список литературы

1. Гусев Е.И., Скворцова В.И., Стаховская Л.В. Проблема инсульта в Российской Федерации: время активных совместных действий // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2007. – № 8. – с. 4-10.

2. Ключихина О.А., Стаховская Л.В. Анализ эпидемиологических показателей инсульта по данным территориально-популяционных регистров 2009 – 2012 гг. Журнал неврологии и психиатрии им. Корсакова. – 2014. – №6. – с. 63-69. <https://www.mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikhiatrii-im-s-s->

korsakova/2014/6/downloads/ru/031997-72982014612

3. Стародубцева О.С., Бегичева С.В. Анализ заболеваемости инсультом с использованием информационных технологий // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 8-2. – с. 424-427. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30383>

4. Guidelines for the Prevention of Stroke in Patients with Stroke and Transient Ischemic Attack. A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2014;45(7):2160-236. <http://stroke.ahajournals.org/content/45/7/2160.long>

5. 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke. A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2018;49(3):eXXX–eXXX. <http://stroke.ahajournals.org/content/early/2018/01/23/STR.0000000000000158>

6. Смерть от инсульта. 2015. <http://nerv.hvatit-bolet.ru/smert-ot-insulta.html>

7. Ованесян Г.А. Роль расстройств микроциркуляции и агрегатного состояния клеток крови в патогенезе цереброваскулярных заболеваний: дисс.... д-ра.мед.наук: 14.00.07 [Национальный институт здравоохранения МЗ РА им. академика С.Х. Авдалбеяна]. – Ереван, 2000. – 224 с.

Popova T.N.

doctor of medical, professor,

Medical University "Saratov State Medical University V.I. Razumovskogo"

Russian Ministry of Health

Попова Т.Н.

доктор мед. наук, профессор кафедры хирургии и онкологии

ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И.Разумовского» Минздрава России

ABOUT PRIMARY-MULTIPLE SYNCHRONOUS MALIGNANT NEOPLASM О ПЕРВИЧНО-МНОЖЕСТВЕННЫХ СИНХРОННЫХ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЯХ

Summary: localization and the most frequent combination of primary and multiple synchronous malignant tumors in 526 patients were studied. Most synchronous tumors are localized in certain organs and systems in both men and women. It is of great value to determine the algorithm for diagnosis of synchronous multiple neoplasias and for scientific studies of carcinogenesis.

Key words: primary-multiple synchronous malignant tumors.

Аннотация: исследованы локализация и наиболее частое сочетание первично-множественных синхронных злокачественных опухолей у 526 больных. Большая часть синхронных опухолей локализуется в определенных органах и системах как у мужчин, так и у женщин. Это имеет большое значение для определения алгоритма диагностики синхронных полинеоплазий и для научных исследований канцерогенеза.

Ключевые слова: первично-множественные синхронные злокачественные опухоли.

Под первичной множественностью злокачественных опухолей подразумевают возникновение у одного и того же больного, независимо друг от друга, двух или более опухолей. В связи с возможностью одновременного или последовательного возникновения множественных опухолей различают синхронные множественные опухоли – выявленные одновременно, и метасинхронные – выявленные через определенный временной интервал. Большинство авторов [1,2,3] к синхронным относят новообразования, выявленные одновременно или с

интервалом не более 6 месяцев. Понятия синхронного и метасинхронного рака являются условными, т.к. точно определить начало развития каждой из опухолей практически невозможно. Поэтому речь идет только лишь о сроках диагностики множественных опухолей.

Постановка проблемы. Актуальность проблемы первично-множественных злокачественных новообразований (ПМЗН) связана с повсеместно регистрируемым за последние годы увеличением

числа больных с данной патологией. Еще несколько десятилетий назад обнаружение второй злокачественной опухоли у одного больного, как правило, являлось казуистикой. В настоящее время диагностика полинеоплазий стала повседневной клинической практикой. В среднем, у одного из 110 больных злокачественным новообразованием развивается новая, независимая от выявленной ранее злокачественная опухоль.

Последние исследования и публикации. По данным отечественной [4,5] и зарубежной [6,7] литературы, частота развития первично-множественных злокачественных новообразований составляет 0,64-11,0%. Синхронные опухоли наблюдаются у 20,0-58,7% больных [8,9] первично-множественными злокачественными новообразованиями. При этом у мужчин они составляют 42%, а у женщин 35% [10].

Рост заболеваемости первично-множественными синхронными злокачественными новообразованиями (ПМСЗН) объясняется улучшением статистического учета, а также внедрением в клиническую практику более совершенных методов диагностики (ультразвукового исследования, компьютерной и магниторезонансной томографии, др.). Urano Y. et al. [11] рассматривают старение населения Японии как один из факторов увеличения заболеваемости полинеоплазиями. Многие авторы [12,13] увеличение частоты первично-множественных опухолей объясняют ухудшением общей экологической ситуации, техногенным загрязнением воздушного бассейна, плохим качеством пищи, воды. По данным Ганцева Ш.Х. с соавт. [14] и Ханова А.М. [13], показатели заболеваемости городского населения оказываются более высокими по сравнению с сельским. Примером тому служат крупные промышленные центры с развитой нефтехимией.

Развитие более одного новообразования у одного пациента исследователи также связывают с наследственностью, иммунодефицитным состоянием, несостоятельностью системы естественной резистентности, системы детоксикации, как факторов противоопухолевой защиты организма [15,16,17,18,19,20,21,22].

При анализе возрастного состава больных первично-множественными злокачественными новообразованиями выявлено, что у мужчин пик заболеваемости приходится на 65 лет, в то время как у женщин наиболее часто полинеоплазии наблюдаются в возрасте 45-60 лет. Наивысшая точка заболеваемости соответствует 55 годам, а затем резко падает. Средний возраст больных с первично-множественными злокачественными новообразованиями, по данным ряда авторов [14,13,11], составляет 55,6-58,2 года

Две опухоли при множественных новообразованиях диагностируются у 84,0-100,0% больных, три опухоли – у 9,9-16,0%, четыре – у 1,62%, пять – у 0,095% и семь – у 0,095% [23,24].

Первое описание случая первично-множественных злокачественных опухолей было представлено в 1793 г. лондонским хирургом Джоном

Пирсоном, наблюдавшим больную, у которой последовательно развились рак правой молочной железы, затем левой и, наконец, рак матки. Данным трудом был открыт первый период в развитии учения о первично-множественных злокачественных новообразованиях. Второй период начинается с 1889 г., когда Т. Billroth предложил клинико-морфологические критерии первично-множественных злокачественных новообразований. Этот период характеризуется накоплением описательного клинического и секционного материала по первично-множественным злокачественным новообразованиям. Третий период включает конец 60-х – начало 70-х годов, когда начались когортные эпидемиологические исследования этой патологии с научным определением зависимости между первым и риском развития второго и последующих новообразований у больного.

Нерешенные ранее части общей проблемы.

Всестороннее изучение первично-множественных синхронных злокачественных новообразований позволяет углубить научные представления о механизмах канцерогенеза, разработать оптимальные подходы к улучшению профилактики, диагностики и лечения злокачественных опухолей.

Это диктует необходимость изучения совокупности факторов, ведущих к росту нескольких опухолей у одного пациента, что, возможно, позволит выявить лиц, предрасположенных к возникновению первично-множественных опухолей, и осуществлять за ними динамическое наблюдение с целью ранней диагностики каждого новообразования. Полученные данные об особенностях развития ПМСЗН, их клинической картины, диагностики позволяют своевременно выявить полинеоплазии у больного и определить рациональную лечебную тактику.

Серьезную клиническую проблему представляет дифференциальная диагностика между второй опухолью или рецидивом и метастазом. С этой целью очень важна разработка критериев морфологической диагностики синхронных злокачественных опухолей, что определяет решение вопроса о лечении.

Важно установить закономерности выявления вторых опухолей в зависимости от диагностированного первого новообразования, роль и значимость современных методов исследования в определении синхронных полинеоплазий, т.е. уточнить алгоритм диагностики при первично-множественном процессе.

Еще несколько десятилетий назад обнаружение второй злокачественной опухоли, как правило, являлось противопоказанием к планированию радикального лечения. Сегодня ситуация коренным образом изменилась. Определение тактики при синхронно выявленных опухолях – задача гораздо более сложная, чем выбор метода лечения солитарного злокачественного новообразования, и требует еще более вдумчивого подхода к каждому конкретному больному.

Цель исследования: определение наиболее частого сочетания опухолей при синхронном первично-множественном процессе для повышения эффективности диагностики.

Основной материал. В основу работы положены материалы историй болезни 526 больных с первично-множественными синхронными злокачественными новообразованиями различных локализаций. Основным критерием отбора больных для исследования служил гистологический диагноз первичной множественности злокачественных опухолей. Если имела место сомнительная трактовка первичной множественности, то данный случай в исследование не включался. Рассматривались только синхронные опухоли, т.е. промежуток времени между обнаружением первой и последующих опухолей не превышал 6 месяцев.

Две опухоли обнаружены у 510 больных (97,0±0,7%), три опухоли – у 15 (2,8±0,7%), четыре – у 1 (0,2±0,2%). Всего у 526 больных выявлено 1069 злокачественных новообразований.

В анализируемой группе мужчин было 200 (38,0±2,1%), женщин 326 (62,0±2,1%), что свидетельствует о значительном преобладании последних (p<0,01).

При анализе возрастного-полового распределения больных первично-множественными синхронными злокачественными новообразованиями обращает на себя внимание преобладание женщин (p<0,1) в возрасте от 31 до 40 лет и в возрасте от 41 до 50 лет (p<0,01) по сравнению с мужчинами. У мужчин преобладает (p<0,05) более старший возраст (61-70 лет). При этом пик заболеваемости у мужчин приходится на возраст 61-70 лет, а у женщин – на 10 лет моложе (51-60 лет).

Основная группа больных 420 (79,8±1,7%) имела возраст от 45 до 70 лет, что соответствует показателям при солитарных опухолях. Минимальный возраст - 16 лет, а максимальный – 85. Средний возраст больных первично-множественными синхронными злокачественными новообразованиями составил 57,8±0,5 лет, мужчин – 59,6±0,7, женщин – 56,8±0,6 лет.

Распределение первично-множественных синхронных злокачественных новообразований по морфологическому строению представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение ПМСЗН по морфологическому строению

Морфологическое строение	Число опухолей (абс. ч./%)		p
	Мужчины	Женщины	
Рак	386(94,4±1,2)	628(95,2±0,8)	>0,1
Саркома	6(1,5±0,6)	13(2,0±0,5)	>0,1
Меланома	4(1,0±0,5)	9(1,4±0,5)	>0,1
Лейкоз	3(0,7±0,4)	6(0,9±0,4)	>0,1
Лимфосаркома	5(1,2±0,6)	2(0,3±0,2)	>0,1
Лимфогранулематоз	5(1,2±0,6)	1(0,2±0,2)	<0,1
Карциноид	-	1(0,2±0,2)	-
Всего	409	660	

Как у мужчин (94,4±1,2%), так и у женщин (95,2±0,8%), преобладают злокачественные опухоли эпителиальной природы. На втором месте находятся опухоли из соединительной ткани, затем меланомы и гемобласты.

Большой интерес вызывает распределение первично-множественных синхронных злокачественных новообразований у 200 мужчин и 326

женщин по анатомическим областям (Таблица 2). У женщин полинеоплазии чаще (p<0,01) локализовались в области таза (39,8±1,9%), груди (31,9±1,8%). У мужчин – в области живота (23,2±2,1%), головы (13,1±1,7%) и шеи (10,4±1,5%), забрюшинного пространства (9,4±1,4%).

Таблица 2

Распределение ПМСЗН по анатомическим областям

Анатомическая область	Число опухолей (%)			p
	Все (n=1069)	Мужчины (n=405)	Женщины (n=664)	
Таз	32,7±1,4	21,0±2,0	39,8±1,9	<0,01
Грудь	27,8±1,4	21,0±2,0	31,9±1,8	<0,01
Живот	16,1±1,1	23,2±2,1	11,7±1,2	<0,01
Голова	7,9±0,8	13,1±1,7	4,7±0,8	<0,01
Шея	7,5±0,8	10,4±1,5	5,7±0,9	<0,01
Забрюшинное пространство	5,1±0,7	9,4±1,4	2,6±0,6	<0,01
Нижняя конечность	1,4±0,2	-	2,0±0,5	-
Верхняя конечность	0,2±0,1	-	0,3±0,2	-
Без указания*	1,2±0,3	2,0±0,7	1,2±0,4	>0,1

* - гемобластозы

Первыми диагностировались опухоли, располагающиеся чаще всего в области груди. Вторыми определялись опухоли, локализующиеся в области шеи и забрюшинного пространства.

Распределение первично-множественных синхронных злокачественных новообразований по функциональным системам представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение ПМСЗН по системам

Локализация опухолей по системам	Число опухолей (%)			p
	Все (n=1069)	Мужчины (n=405)	Женщины (n=664)	
Пищеварительная	26,6±1,4	43,0±2,5	16,6±1,4	<0,01
Половая	25,1±1,3	6,7±1,2	36,3±1,9	<0,01
Кожа	22,5±1,3	3,7±0,9	33,9±1,8	<0,01
Дыхательная	9,8±0,9	23,5±2,1	1,5±0,5	<0,01
Мочевыделительная	8,0±0,8	16,3±1,8	3,0±0,7	<0,01
Эндокринная	4,2±0,6	2,2±0,7	5,4±0,9	<0,01
Лимфатическая	1,3±0,3	2,5±0,8	0,6±0,3	<0,05
Система крови	1,2±0,3	1,2±0,5	1,2±0,4	>0,1
Мягкие ткани	0,8±0,3	0,7±0,4	0,9±0,4	>0,1
Другие	0,5±0,2	0,2±0,2	0,7±0,3	>0,1

Полинеоплазии у мужчин развиваются чаще в пищеварительной системе (43,0±2,5%), затем в дыхательной (23,5±2,1%), мочевыделительной (16,3±1,8%) и лимфатической (2,5±1,8%). У женщин – в половой системе (36,3±1,9%), коже, включая молочную железу, (33,9±1,8%) и эндокринной системе (5,4±0,9%).

В зависимости от очередности выявления первыми опухолями преимущественно диагностировались злокачественные новообразования кожи, куда

гистогенетически входит и молочная железа. Вторыми чаще диагностировались опухоли мочевыделительной и эндокринной системы.

Рассмотрим поорганное распределение ПМСЗН в функциональных системах. Так в пищеварительной системе локализовались 284 (26,6±1,4%) опухолей (см. таблицу 3). Их локализация представлена в таблице 4.

Таблица 4

Распределение ПМСЗН в органах пищеварительной системы

Локализация опухолей	Число опухолей (%)			p
	Все (n=284)	Мужчины (n=174)	Женщины (n=110)	
Желудок	33,1±2,8	32,7±3,6	33,6±4,5	>0,1
Полость рта	16,9±2,2	21,8±3,1	9,1±2,7	<0,01
Прямая кишка	13,4±2,0	12,6±2,5	14,5±3,4	>0,1
Ободочная кишка	12,0±1,9	8,0±2,1	18,2±3,7	<0,05
Сигмовидная кишка	10,5±1,8	6,3±1,8	17,4±3,6	<0,01
Пищевод	8,4±1,7	12,1±2,5	2,7±1,6	<0,01
Тонкая кишка	1,4±0,7	1,7±1,0	0,9±0,9	>0,1
Поджелудочная железа	1,4±0,7	0,6±0,6	2,7±1,6	>0,1
Фатеров сосок	1,4±0,7	2,4±1,1	-	-
Околоушная железа	0,7±0,5	1,2±0,8	-	-
Печень	0,4±0,4	-	0,9±0,9	-
Желчный пузырь	0,4±0,4	0,6±0,6	-	-

В пределах пищеварительной системы самой частой локализацией полинеоплазий явился желудок, как у мужчин, так и у женщин. Затем в порядке убывания у женщин чаще поражалась ободочная (18,2±3,7%), сигмовидная (17,4±3,6%) и прямая кишка (14,5±3,4%), а у мужчин полость рта

(21,8±3,1%), прямая кишка (12,6±2,5%) и пищевод (12,1±2,5%).

Желудок чаще выявлялся в качестве первой опухоли, а ободочная кишка – второй.

В органах половой системы имели место 268 (25,1±1,3%) злокачественных опухолей (см. таблицу 3). Они распределялись следующим образом (таблица 5).

Таблица 5

Распределение ПМСЗН по органам половой системы

Локализация опухолей	Число опухолей (%)			p
	Все (n=268)	Мужчины (n=27)	Женщины (n=241)	
Матка	53,8±3,2	-	59,8±3,8	-
в том числе: тело	34,0±2,9	-	37,8±3,1	-
шейка	19,8±2,4	-	22,0±2,7	-
Яичники	32,8±2,9	-	36,5±3,1	-
Предстательная железа	8,6±1,7	85,2±6,8	-	-
Влагалище	1,9±0,8	-	2,1±0,9	-
Маточные трубы	1,5±0,7	-	1,7±0,8	-
Яички	1,5±0,7	14,8±6,8	-	-

Установлено, что у женщин преобладает поражение тела матки (37,8±3,1%). На втором месте стоят яичники (36,5±3,1%), на третьем – шейка матки (22,0±2,7%). При этом рак тела матки у подавляющего числа женщин диагностируется первым, а рак яичников вторым. У мужчин наиболее частой локализацией злокачественной опухоли является предстательная железа (85,2±6,8%).

240 (22,5±1,3%) первично-множественных синхронных злокачественных новообразований локализовались на коже и ее производном – в молочной железе (см. таблицу 3). Рак молочной железы у женщин (87,6±2,2%) доминировал над опухолями кожи различной локализации (таблица 6) и при этом диагностировался чаще в качестве первой опухоли.

Таблица 6

Распределение ПМСЗН у больных с карциномой кожи

Локализация опухолей	Число опухолей (%)			p
	Все (n=240)	Мужчины (n=15)	Женщины (n=225)	
Молочная железа	82,5±2,5	6,7±6,4	87,6±2,2	<0,01
Грудная стенка	4,1±1,2	26,6±11,2	2,6±1,1	<0,1
Голова	11,2±2,0	66,7±12,2	7,5±1,8	<0,01
в том числе: лицо	10,4±2,0	53,3±12,9	7,5±1,8	<0,01
волосистая часть головы	0,4±0,4	6,7±6,4	-	-
ушная раковина	0,4±0,4	6,7±6,4	-	-
Голень	1,3±0,7	-	1,4±0,8	-
Стопа	0,4±0,4	-	0,4±0,4	-
Плечо	0,4±0,4	-	0,4±0,4	-

105 (9,8±0,9%) полинеоплазий располагались в органах дыхательной системы (см. таблицу 3). Как у мужчин, так и у женщин чаще поражалось легкое

(таблица 7). При этом опухоль легкого чаще выявлялась при полинеоплазиях второй. На втором месте у мужчин - гортань.

Таблица 7

Распределение ПМСЗН в органах дыхательной системы

Локализация опухолей	Число опухолей (%)			p
	Все (n=105)	Мужчины (n=95)	Женщины (n=10)	
Легкое	61,9±4,7	61,1±1,5	70,0±14,5	>0,1
Гортань	28,6±4,4	31,6±4,8	-	-
Гортаноглотка	3,8±1,9	3,2±1,8	10,0±9,5	>0,1
Гайморова пазуха	1,9±1,3	1,1±1,0	10,0±9,5	>0,1
Носоглотка	1,9±1,3	2,1±1,5	-	-
Плевра	1,0±0,9	-	10,0±9,5	-
Трахея	1,0±0,9	1,1±1,0	-	-

В мочевыделительной системе обнаружено 86 (8,0±0,8%) злокачественных новообразований (см. таблицу 3). У мужчин, в отличие от женщин

(p<0,05), первое место занимают злокачественные новообразования мочевого пузыря (51,5±6,2%), второе – почки (47,0±6,1%). У женщин преобладает рак почки (65,0±10,7%) (таблица 8).

Распределение ПМСЗН в органах мочевыделительной системы

Локализация опухолей	Число опухолей (%)			p
	Все (n=86)	Мужчины (n=66)	Женщины (n=20)	
Почка	51,2±5,4	47,0±6,1	65,0±10,7	>0,1
Мочевой пузырь	45,3±5,4	51,5±6,2	25,0±9,7	<0,05
Уретра	2,3±1,6	-	10,0±6,7	-
Мочеточник	1,2±1,2	1,5±1,5	-	-

В качестве первой опухоли выявляется рак мочевого пузыря, второй опухоли – рак почки.

Как и следовало ожидать, при анализе распределения опухолей эндокринной системы первое место занимает щитовидная железа, у женщин в 100% случаев ($p < 0,01$), а у мужчин – в 77,8±13,9%.

Статистически достоверной разницы в распределении опухолей эндокринной системы в зависимости от порядка выявления не установлено.

Распределение полинеоплазий по органам у 200 мужчин и 326 женщин представлено в таблице

9. Таблица наглядно демонстрирует, что у мужчин достоверно чаще, чем у женщин, выявляются (в порядке уменьшения) злокачественные опухоли легкого, желудка, полости рта, мочевого пузыря, почки, гортани, пищевода, прямой кишки. Все вместе они составили 71,9% от первично-множественных синхронных злокачественных новообразований у мужчин. У женщин достоверно чаще встречались опухоли молочной и щитовидной железы. Они составили 35,1% от всех полинеоплазий у женщин, а при присоединении опухолей матки и яичника, этот процент составит 71,4.

Таблица 9

Распределение ПМСЗН по органам

Локализация опухолей по органам	Число опухолей (%)			P
	Все (n=1069)	Мужчины (n=405)	Женщины (n=664)	
Молочная железа	18,5±1,2	0,2±0,2	29,7±1,8	<0,01
Матка	14,3±1,1	-	23,0±1,6	-
Желудок	8,8±0,9	14,1±1,7	5,6±0,9	<0,01
Яичники	8,2±0,8	-	13,3±1,3	-
Легкое	6,1±0,7	14,3±1,7	1,1±0,4	<0,01
Ободочная кишка	6,0±0,7	6,2±1,2	5,9±0,9	>0,1
Полость рта	4,5±0,6	9,4±1,4	1,5±0,5	<0,01
Почка	4,1±0,6	7,7±1,3	2,0±0,5	<0,01
Щитовидная железа	4,0±0,6	1,7±0,6	5,4±0,9	<0,01
Мочевой пузырь	3,6±0,6	8,4±1,4	0,8±0,3	<0,01
Прямая кишка	3,6±0,6	5,4±1,1	2,4±0,6	<0,05
Гортань	2,8±0,5	7,4±1,3	-	-
Голова	2,6±0,5	2,5±0,8	2,7±0,6	>0,1
Пищевод	2,2±0,5	5,2±1,1	0,5±0,3	
Предстательная железа	2,2±0,4	5,7±1,2	-	-
Костный мозг	1,2±0,3	1,2±0,5	1,2±0,4	>0,1
Лимфоузлы	1,0±0,3	1,7±0,6	0,6±0,3	>0,1
Нижняя конечность	0,7±0,3	-	1,2±0,4	-
Яички	0,5±0,2	1,2±0,5	-	-
Другие	5,1±0,6	7,7±1,3	3,1±0,6	<0,01

Таким образом, примерно одинаковый процентный показатель у мужчин распространяется на 8 органов, а у женщин на 4.

Проанализирована частота сочетания синхронных злокачественных опухолей различных локализаций при первично-множественном поражении в зависимости от пола. Наиболее частое сочетание полинеоплазий у мужчин отмечено с опухолями, локализующимися в желудке, легком, почке, полости рта и ободочной кишке. У женщин наиболее частое сочетание отмечено с опухолями молочной железы, матки, яичников.

Выводы. 1. При анализе распределения первично-множественных синхронных злокачественных новообразований по анатомическим зонам выявлено, что у женщин полинеоплазии чаще локализовались в области таза и груди, у мужчин в области живота, головы и шеи.

2. При рассмотрении функциональных систем установлено, что у мужчин полинеоплазии чаще располагаются в пищеварительной, дыхательной и мочевыделительной системах. У женщин – в половой системе и на коже, включая молочную железу.

3. При анализе поорганного распределения первично-множественных синхронных злокачественных новообразований определено, что у мужчин чаще диагностируются (в порядке убывания) опухоли легкого, желудка, полости рта, мочевого пузыря, почки, гортани, пищевода, прямой кишки. Они составили 71,9%. Чаще всего они сочетаются с опухолями желудка, легкого, почки, полости рта и ободочной кишки.

4. У женщин достоверно чаще встречались опухоли молочной железы, матки, яичников, щитовидной железы. Их процент составил 71,4. Они чаще были синхронными с опухолями молочной железы, матки и яичников.

Значит, большая часть синхронных опухолей локализуется в определенных органах и системах, что имеет немаловажное значение, как для научных исследований канцерогенеза, так и для определения алгоритма диагностики полинеоплазий.

Список литературы

1. Волченко Н.Н. Первично-множественный рак молочной железы. Российский онкологический журнал. 1999; 2: 9-11.

2. Соркин В.М., Ефетов В.М., Телькиева Г.Н. Частота выявления и критерии первично множественности злокачественных опухолей у больных раком молочной железы. Клиническая хирургия. 1998; 5: 24-26.

3. Crocetti E, Arniani S, Buiatti E. Synchronous and metachronous diagnosis of multiple primary cancers. Tumori. 1998; 84 (1): 9-13.

4. Куликов Е.П., Лебедев А.М., Антонова Т.П., Пименов И.В. Анализ заболеваемости и результаты лечения первично-множественных злокачественных опухолей. Российский онкологический журнал. 1998; 5: 39-41.

5. Мерабишвили В.М., Попова С.П., Резникова Т.В. Проблемы учета больных с первично-множественными опухолями. В кн.: Материалы Международной научно-практической конференции «Избранные вопросы онкологии». Барнаул; 1999: 48-50.

6. Frodin JE, Ericsson J, Barlow L. Multiple primary malignant tumors in a national cancer registry-reliability of reporting. Acta Oncol. 1997; 36 (5): 465-469.

7. Higaki K, Nishiyama Y, Yoshii A. et al. Epidemiologic studies on multiple cancers in Japan. Gan No Rinsho. 1983; 29 (5): 381-388.

8. Резолюция Пленума правления Всероссийского научного медицинского общества онкологов (Волгоград, 1-3 октября 1997 г.). Российский онкологический журнал. 1998; 4: 63.

9. Flannery JT, Voice JD Jr, Devesa SS. et al. Cancer registration in Connecticut and the study of multiple primary cancers, 1935-82. Natl Cancer Inst Monogr. 1985; 68: 13-24.

10. Денисов Л.Е., Ушаков Т.И., Виноградова Н.Н., Николаев А.П. Структура первично-множественных злокачественных новообразований у постоянно наблюдаемой группы населения. В кн.: Материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции колопроктологов и Пленума

правления Российского научно-медицинского общества онкологов «Актуальные проблемы колопроктологии». Волгоград; 1997: 317-322.

11. Urano Y, Itoyama S, Fukushima T. et al. Multiple primary cancers in autopsy cases of Tokyo University Hospital (1883-1982) and in Japan Autopsy Annuals (1974-1982). Jpn J Clin Oncol. 1985; 15 (1): 271-279.

12. Долгов И.Ю. Первично-множественные метакронные злокачественные новообразования (клиника, лечение, закономерности развития): Дисс. ... докт. мед. наук. М.; 2000.

13. Ханов А.М. Эпидемиология, факторы риска и оптимизация диагностики первично-множественных злокачественных опухолей: Дисс. ... канд. мед. наук. М.; 1994.

14. Ганцев Ш.Х., Мерабишвили В.М., Куликов Е.П. и др. Распространенность и риск возникновения первично-множественных опухолей по материалам популяционного канцер-регистра. Российский онкологический журнал. 1998; 5: 4-7.

15. Имянитов Е.Н., Хансон К.П. Молекулярные аспекты патогенеза первично-множественных опухолей. Российский онкологический журнал. 1998; 5: 47-50.

16. Непомнящая Е.М., Франциянц Е.М., Орловская Л.А., Ткачева Г.Н. Супероксидустраняющая активность сыворотки крови больных при первично-множественных злокачественных опухолях. Вопросы онкологии. 1999; 45 (3): 258-260.

17. Сельчук В.Ю., Казубская Т.П., Белев Н.Ф. и др. Генетические аспекты первично-множественных злокачественных новообразований. Вестник ВОИЦ АМН СССР. 1990; 1: 28-31.

18. Brown S.R., Finan P.J., Hall N.R., Bishop D.T. Incidence of DNA Replication Errors in Patients with Multiple Primary Cancers. Diseases of the Colon and Rectum. 1998; 41 (6): 765-769.

19. Iwaya T, Maesawa C, Nishizuka S. et al. Infrequent frameshift mutations of polynucleotide repeats in multiple primary cancers affecting the esophagus and other organs. Genes Chromosomes Cancer. 1998; 23 (4): 317-322.

20. Kang GH, Kim CJ, Kim WH. et al. Genetic evidence for the multicentric origin of synchronous multiple gastric carcinoma. Lab Invest. 1997; 76 (3): 407-417.

21. Morita M, Kuwano H, Baba H. et al. Multifocal occurrence of gastric carcinoma in patients with a family history of gastric carcinoma. Cancer. 1998; 83 (7): 1307-1311.

22. Tagawa Y, Nanashima A, Tsuji T. et al. Importance of cytogenetic markers for multiple primary carcinomas in colorectal cancer: chromosome 17 and p53 locus translocation. J Gastroenterol. 1998; 33 (5): 670-677.

23. Важенин А.В. Особенности иммунитета и гормональной секреции при первичной множественности злокачественных опухолей: Автореф. на соиск. уч. степ. кандидата мед. наук. Томск; 1985.

24. Сельчук В.Ю. Первично-множественные злокачественные опухоли (клиника, лечение и закономерности развития): Дисс. ... докт. мед. наук. М.; 1994.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddikov Ilkhomjon Khakimovich

Doctor of science, Head of the chair "Power supply systems" of Tashkent University of Information Technology, Uzbekistan

Najmatdinov Kurbonbek¹, Abubakirov Azizjan¹, Sarsenbaev Dauletbay²
Assistants¹ and Student² of the chair "Power supply systems" of Karakalpak State University, Uzbekistan

Sattarov Khurshid, Khujamatov Khalimjon, Xonturaev Ikrom, Maksudov Moxirbek
Professors of the chair "Power supply systems" of Tashkent University of Information Technology, Uzbekistan

MODELING OF TRANSFORMING CIRCUITS OF ELECTROMAGNETIC TRANSDUCERS

Abstract: Research dates of the classic single-phase primary electromagnetic transducers not provided enough accurate and simultaneous information on the values and parameters of reactive electric energy and power of three-phases nets. On the determining above, become necessary to develop a new electromagnetic signal transducer of the value of reactive power of electricity, to account the features of the current of three-phases nets, which differ from each other's in value and phases.

Keywords: Three-phases power supply systems, electric and magnetic circuits and electromagnetic signal transducer.

Classical single-phase current transformers using currently in electrical nets for monitoring and control values and parameters of the reactive component of electric energy and power, do not take for account of mutual influence of magnetic flux fields generated by currents of three-phases power supply systems. They do not provide necessary accuracy, especially when three-phases primary current have unbalance, do not have sufficient community, covering only sizes and parameters of the electric and magnetic circuits, because distribution of the magnetic signal conversion systems have nonlinearity and heterogeneous distributed parameters [1]. Research dates of the classic single-phase primary electromagnetic transducers not provided enough accurate and simultaneous information on the

values and parameters of reactive electric energy and power of three-phases nets. On the determining above, become necessary to develop a new electromagnetic signal transducer of the value of reactive power of electricity, to account the features of the current of three-phases nets, which differ from each other's in value and phases [2].

The equivalent circuit of magnetic circuit of the electromagnetic transducers of three-phase current shown in fig. 1, which formed for account the assumption of the magnetic permeability of steel, when entire range of induction is constant ($\mu = const$). Flux, closes at the outer surface of the outer cylindrical magnetic core, can be neglected.

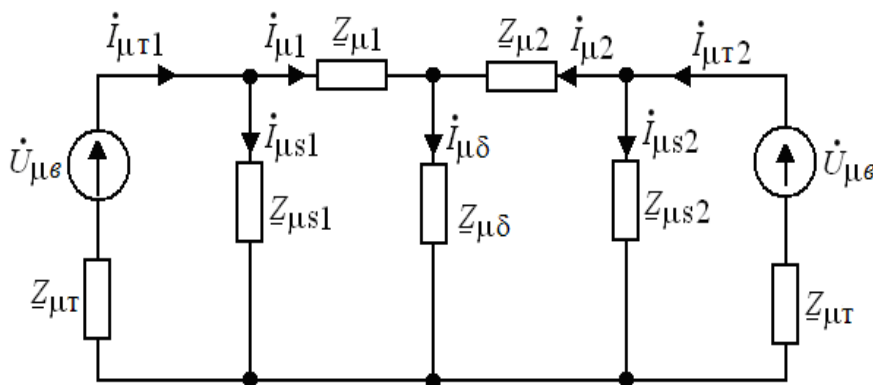


Fig. 1. The equivalent circuit of the magnetic circuit of the electromagnetic transducers of three-phases current

For simplify the calculation of magnetic circuit of the electromagnetic transducer of three-phases currents used parametric structural diagrams (PSD). Fig. 1, which are based for the construction of PSD, the following designations:

$$Z_{\mu T} = R_{\mu T} + j \left(\omega L_{\mu T} - \frac{1}{\omega C_{\mu T}} \right),$$

$$Z_{\mu 1} = R_{\mu 1} + j \left(\omega L_{\mu 1} - \frac{1}{\omega C_{\mu 1}} \right),$$

$$\underline{Z}_{\mu 2} = R_{\mu 2} + j \left(\omega L_{\mu 1} - \frac{1}{\omega C_{\mu 1}} \right) - \text{full}$$

complex resistance of magnetic portions;

$$\underline{Z}_{\mu S 1} = -j \frac{1}{\omega C_{\mu S 1}}, \quad \underline{Z}_{\mu S 2} = -j \frac{1}{\omega C_{\mu S 2}} -$$

complex reactive magnetic resistance of the air clearance;

$\underline{Z}_{\mu \delta} = \underline{Z}_{\mu c} + \underline{Z}_{\mu \omega c}$ - a general resistance fully integrated in the flow path is closed through the inertial element;

$\underline{Z}_{\mu c}, \underline{Z}_{\mu \omega c}$ - full complex resistance respectively movable core - the inertial element and working backlashes;

$R_{\mu 1}, L_{\mu 1}, C_{\mu 1}$ and $R_{\mu 2}, L_{\mu 2}, C_{\mu 2}$ - respectively, resistances, capacitance and inductance of the magnetic circuit portions, respectively before and after the movable core;

$C_{\mu e} = \mu_{\omega c} \mu_0 \frac{S_{\mu}}{2\delta}$ - the capacity of the magnetic working air clearance;

$\dot{I}_{\mu} = j\omega \dot{Q}_{\mu}$ - an integrated current of magnetic circuit.

PSD of magnetic circuit made on the basis of the equivalent circuit, shown in fig. 2.

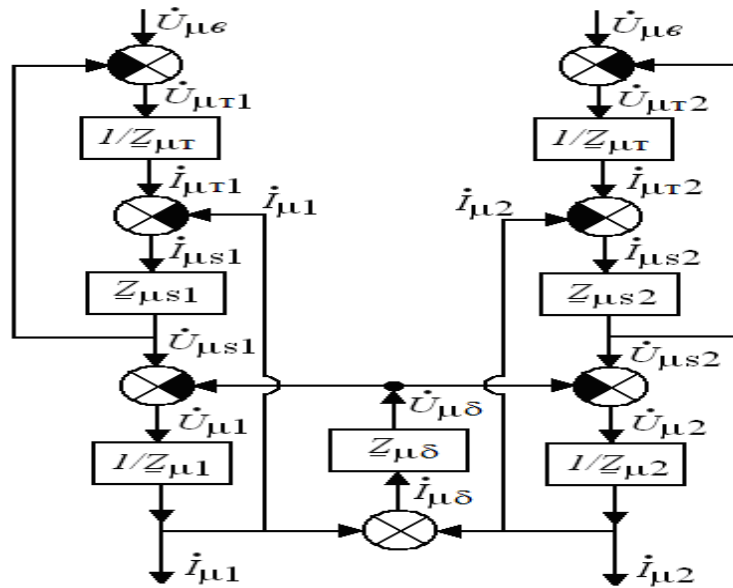


Fig. 2. The magnetic circuit of electromagnetic transducers

During research of the electromagnetic transducer not considered an active and inductive resistance of the magnetic circuit, i.e. $R_{\mu} = 0, X_{L\mu} = \omega L_{\mu} = 0$

. Expressions magnetic rigidity and magnetic containers for consideration of the magnetic circuit are as follows:

$$W_{\mu 1} = \frac{(X_M - x)[r^2 + (R_H^2 - R_g^2)]}{\mu \mu_0 \pi (R_H^2 - R_g^2) r^2},$$

$$W_{\mu 2} = \frac{(X_M + x)[r^2 + (R_H^2 - R_g^2)]}{\mu \mu_0 \pi (R_H^2 - R_g^2) r^2} - \text{mag-}$$

netic inertial stiffening element of the cylindrical magnetic cores;

$$W_{\mu \delta} = \frac{R_g - r - 2\delta}{\mu \mu_0 \pi (R_g + r) b_k} + \frac{2\delta (R_g + r)}{\mu_{\omega c} \mu_0 \pi (2R_g - \delta) (2r + \delta) b_k}$$

- total magnetic rigidity of transmission cleaners, where b_k - the width of the x-axis.

$$C_{\mu S 1} = \mu_0 \frac{\pi (R_g + r) (X_M - x)}{R_g - r},$$

$$C_{\mu S 2} = \mu_0 \frac{\pi (R_g + r) (X_M + x)}{R_g - r} - \text{magnetic}$$

cell capacity of non-working parts of the air cleaners between cylindrical magnetic cores;

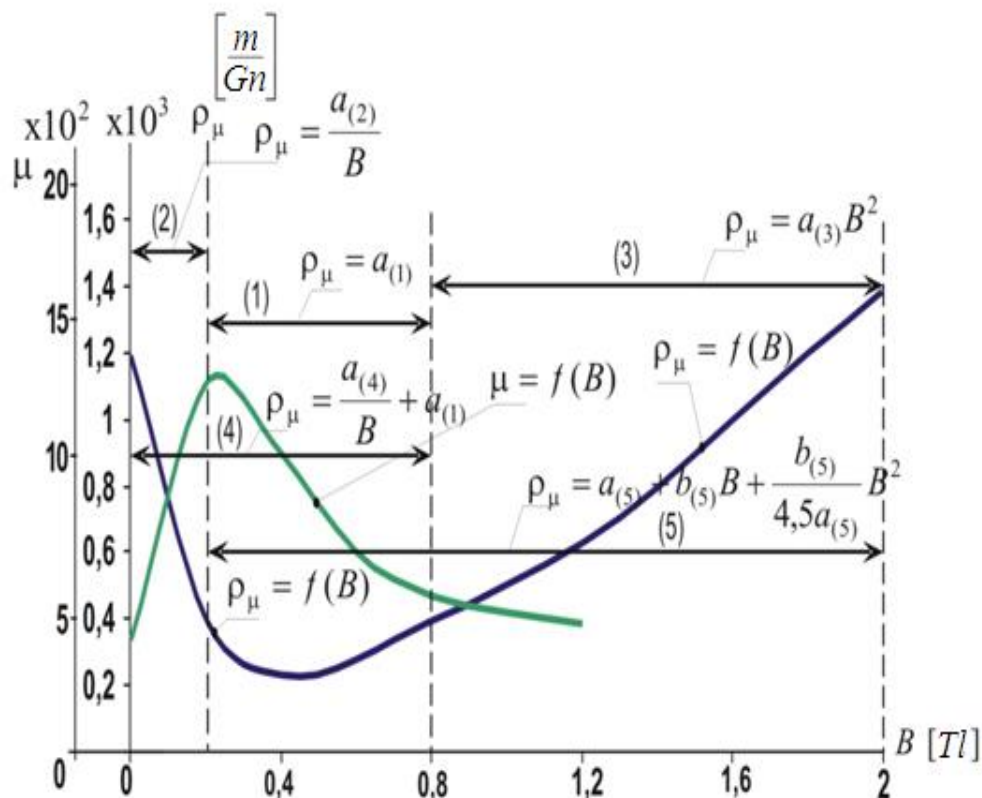


Fig. 3. Curves and specific magnetic resistance of the magnetic permeability of steel from induction

During research of electromagnetic converters used three-phases current ferromagnetic material, sometimes leads a sharp increase in labor induction in the chain to the point, where one can not neglect the nonlinear dependence $B = f(H)$.

Accounting effect of non-linearity $B = f(H)$ of the dependence of effective value of magnetic flux from the voltage coordinates section under consideration using the curve $\rho_M = f(B)$, where ρ_M - the specific resistance of the magnetic steel. Depending on the range, which changes in the magnetic induction of the electromagnetic transducer section ferromagnetic phase current, one can substitute a particular approximating function, according to fig. 3 [3].

In the article considered each of cases of determinate resistance:

1. Induction of the magnetic steel in the cross section of the electromagnetic transducer phase current within a range of (1). This case is a most common in practice. In this case

$$\rho_\mu = a_{(1)} \quad (1)$$

2. Induction of the magnetic steel in cross section of the electromagnetic of three-phases AC inverter is changed within the range (2). In this case, the magnetic core is saturated and poorly fitting function can be written as

$$\rho_\mu = \frac{a_{(2)}}{B} \quad (2)$$

3. Induction of sectional steel of electromagnetic transducer of phase of current varies within the range (3). In this range, the magnetic system is operating in a highly saturated state. The expression is inserted next approximating function:

$$\rho_\mu = a_{(3)}B^2 \quad (3)$$

4. Induction of the magnetic steel in cross section of the electromagnetic transducer phase current varies within a range (4). This range is typical for magnetic cores made of a material with a different non-linearity in the initial section. It is approximated by the dependence ρ_μ on the induction of the expression of this range

$$\rho_\mu = a_{(4)} + b_{(4)} / B \quad (4)$$

5. Induction of the magnetic steel in the cross section of the electromagnetic transducer phase current varies within the range (5). It is quite rare for a range of the electromagnetic transducer of three-phase current, nevertheless represents a definite theoretical interest. The approximating function on this range was chosen mainly, because of the conditions of integrability of the resulting analytical differential equation has the form

$$\rho_\mu = a_{(5)} + b_{(5)}B + \frac{b_{(5)}^2}{4,5a_{(5)}}B^2 \quad (5)$$

Fig. 4 shows the curve of change of magnetic flux for cases where the induction of the magnetic steel section in the electromagnetic transducer three-phase current changes within the allowable range.

The maximum value of the induction chosen equal $B = 2,0 \text{ Tl}$, which corresponds from magnetic flux

$\dot{Q}_{\mu 0} = 11,0 \cdot 10^{-5} \text{ Vb}$. Other values used in the calculation are respectively:

$$S_{\mu} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2; C_{\mu i} = 8,7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Gn}}{\text{m}}; W_{\mu \delta} = 2 \cdot 10^4 \frac{1}{\text{Gn}}; \gamma_{\text{cp}} = 8,8 \frac{1}{\text{Gn}};$$

$$a_{(3)} = 27 \frac{\text{Tl}}{\text{Gn}}; b_{(3)} = 47 \cdot 10^2 \frac{1}{\text{Tl}^2 \cdot \text{Gn}}.$$

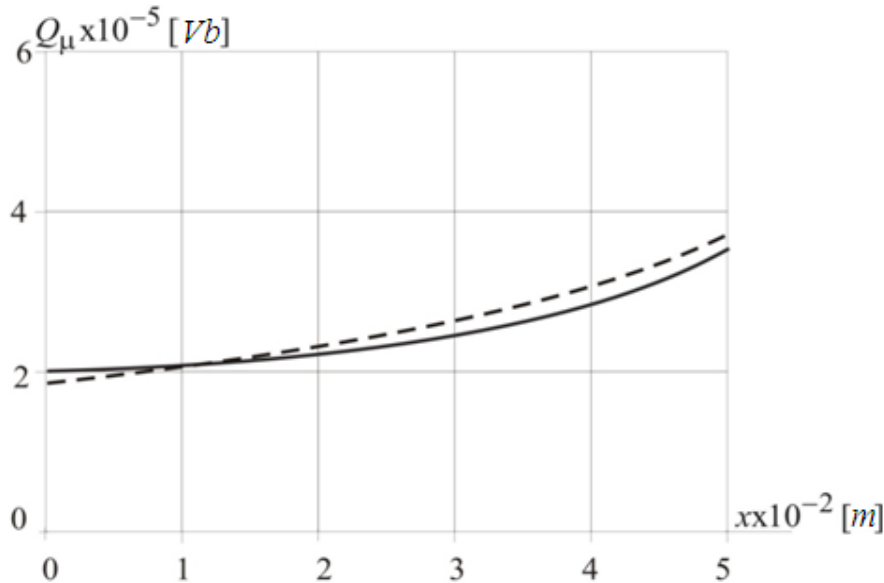


Fig. 4. The curves of change of the magnetic flux along the magnetic circuit: solid line - estimated; the dotted line - pilot

As shown from results of research of the influence of non-linearity of the magnetization curve for the primary flow distribution in a magnetic circuit electromagnetic transducer of three-phases current ranges identified characteristic changes in the magnetic induction. As a result of research for each band proposed approximate functions as $\rho_{\mu} = f(B)$. The maximum difference between calculated and experimental dates equal 14.5% .

References

1. Siddikov I.Kh., Abdulaev A.Kh., Bobojanov M.K. Perfection and development of sensor controls and measuring transducers on a basis of information-

energetics model. //WCIS - 2002. Collection of the works. II – World conf. 4-5 June 2002 y. b-Quadrat Verlag, Azerbaijan State Oil Academy, Azerbaijan, Baku, 2002. - p.p. 310 -315.

2. Amirov S.F., Azimov R.K., Siddikov I.Kh., Khakimov M.Kh., Khushboqov B.X., Sattarov Kh.A. Patent RUz. №04185. The transducers of no symmetry of current to voltage.// Buletten №6. 2010.

3. Siddikov I.Kh. The Electromagnetic Transducers of Asymmetry of Three-phases Electrical Currents to Voltage. // Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering. Horizon Research Publishing Corporation USA. 2015, Vol.3, N5, - p.146 - 148, <http://www.hrpub.org>

Vitiuk A.Y.*Master of the Department of Technical Cybernetics of the
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Kornaga Y.I.***Associate Professor of the Department of Technical Cybernetics, PhD of the National Technical University
of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Vitnyuk A.E.***магістр кафедри технічної кібернетики
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Корнага Я. І.***доцент кафедри технічної кібернетики, кандидат технічних наук
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

ESTIMATION OF THE CALIBRATION ERRORS IMPACT OF 3D RECONSTRUCTION IN A MONOCULAR SIMULTANEOUS LOCALIZATION AND MAPPING SYSTEM ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОХИБОК КАЛІБРУВАННЯ НА ТРИВИМІРНУ РЕКОНСТРУКЦІЮ У МОНОКУЛЯРНІЙ СИСТЕМІ ОДНОЧАСНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ

Summary: The estimation of the quality of the three-dimensional reconstruction and the effect on it of photometric camera calibration have been investigated. The metrics of reconstruction evaluation obtained using the SLAM algorithm are analyzed. The influence of the errors of photometric calibration on the quality of the direct methods of visual odometry as a part of the SLAM-system is investigated. The simulation of the error of the camera calibration parameters with the given noise level has shown that the calibration parameters deteriorate with increasing noise level. In particular, after analyzing the established metrics of plane, it was found that increasing the measurement error in the visual odometry module and in the calibration process contributes to an increase in the error of the resulting 3D reconstruction.

Key words: environment map reconstruction, localization, mapping, calibration.

Анотація: Досліджено оцінку якості тривимірної реконструкції та впливу на неї фотометричного калібрування камери. Проаналізовано метрики оцінки реконструкції, отриманої за допомогою алгоритму SLAM. Досліджено вплив похибок фотометричного калібрування на якість прямих методів візуальної одометрії як частини SLAM-системи. Моделювання похибки параметрів калібрування камери із заданим рівнем шуму показало, що параметри калібрування погіршуються зі збільшенням рівня шуму. Зокрема, проаналізувавши встановлені метрики площинності, було встановлено, що збільшення похибки вимірювань у модулі візуальної одометрії та в процесі калібрування сприяє збільшенню похибки результуючої тривимірної реконструкції.

Ключові слова: реконструкція карти середовища, локалізація, картографування, калібрування камери.

Постановка проблеми Навігація робота за допомогою візуальної інформації полягає у постійному оновленні свого розташування та карти середовища шляхом здійснення вимірів відстані до оточуючих об'єктів. У техногенних умовах процес тривимірної реконструкції на основі декількох зображень може бути використаний, щоб допомогти роботам визначити їх положення у просторі та побудувати тривимірну карту навколишнього середовища.

Алгоритм одночасної локалізації та картографування (Simultaneous Localization and Mapping -- SLAM) вирішує завдання оцінки позиції мобільного датчика та побудови карти навколишнього середовища в режимі реального часу. Монокулярний SLAM, що обробляє дані з однієї камери, став особливо актуальною темою досліджень останнього десятиліття. Малий розмір, мала вага та низький рівень енергоспоживання монокулярної камери роблять її підходящим сенсором для автономних роботів, таких як: автономні автомобілі, роботи-маніпулятори, безпілотні літальні засоби, системи доповненої реальності.

Одне з найважчих завдань монокулярного SLAM полягає у оцінці щільної карти досліджуваної сцени. Монокулярна камера надає інформацію з сенсорів у вигляді двовимірних зображень. Тому глибина кожного пікселя оцінюється з відношення координат точки реального світу між зображеннями з різних позицій камери. Такі відповідності виявляються шляхом порівняння фотометричних шаблонів на сусідніх пікселях кожного окремого пікселя. При використанні такого підходу виникають неточності: пікселі на малотекстурованих областях не можуть бути точно співставлені на зображеннях та точна тривимірна реконструкція звичай обмежена областями зображень з великими градієнтами.

Сучасні SLAM-системи мають два основні компоненти: візуальна одометрія та глобальна оптимізація карти. У процесі роботи компонента візуальної одометрії (що поступово оцінює позицію камери та створює локальну карту) накопичуються невеликі помилки та з часом попередньо отримана позиція камери починає зміщуватись від дійсного розташування. Якщо виявлено попередньо віддану локацію, зсув можна усунути за допомогою

методів глобальної оптимізації карт, таких як закриття циклу шляху та оптимізація графу позицій. Хоча загальна цілісна карта середовища може бути отримана, накопичена помилка не може бути повністю вилучена з системи. Тобто, загальна ефективність будь-якої SLAM-системи визначається точністю модуля візуальної одометрії. Протягом останніх років, дослідження візуальної одометрії досягли значних результатів по підвищенню точності алгоритму, надійності та ефективності [1]. Здійснено спроби реалізації різних видів візуальної одометрії, наприклад, пряма та непряма (на ключових точках), щільна чи напівщільна оптимізація та розріджена оптимізація. Однак, незважаючи на таку різноманітність підходів, все ще залишається питання підвищення продуктивності під впливом якості фотометричного калібрування камери. Адже при розрахунках моделі візуальної одометрії неточні параметри камери використовуються на кожному етапі та не можуть бути скомпенсовані в результаті оптимізації.

Пікселі, що відповідають одній і тій же тривимірній точці, можуть мати різну інтенсивність на різних зображеннях внаслідок оптичного виньєтування камери, автоматичного підсилення та автоматичним налаштуванням експозиції. Існує декілька підходів до фотометричного калібрування з метою приблизного відновлення значень інтенсивності зображення. Останні дослідження довели, що фотометричне калібрування може значно покращити ефективність прямих методів візуальної одометрії [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На якість тривимірної реконструкції впливає декілька факторів: рух камери та об'єктів середовища, просторове квантування координат зображення [3], відповідність ключових точок [4], параметри калібрування камери [5], невраховані спотворення камери, а також числові та статистичні властивості обраного методу реконструкції [6]. Бхану та ін. [8] було продемонстровано, що реконструкція по зміні положень монокамери підлягає значним похибкам в околі фокусу розширення (focus of expansion - FOE), а реконструкція по стереозображенням має найбільшу похибку на краях поля зору (field-of-view - FOV). Хоча чисельні експериментальні результати дослідження показали, що дане твердження є справедливим, рішення цієї проблеми не було запропоновано. Для отримання аналітичних результатів, в роботі розглянуто алгоритм наближеної оцінки, а потім розраховується точність [9]. Такий підхід робить розрахунки простішими, проте використання субоптимального алгоритму є обмеженням, з огляду на накопичені втрати точності.

Дослідження різних типів помилок та їх вплив на якість тривимірної реконструкції, яка була отримана з використанням технології структурованого світла, представив у своїй роботі Ян та ін.[10]. Вчені сформуливали аналітичне представлення похибок, що виникають для положення тривимірної поверхні, її орієнтації та кривизни. Далі, Гажоуанті та ін. [11] запропонували підхід для оцінки границь

похибок вимірювань, що враховують неточності, які виникають під час калібрування та триангуляції. Баласураманян та ін.[12] проаналізували вплив шуму (який досі вважався незалежним і рівномірно розподіленим) та геометрії установки зображень на похибку реконструкції прямих ліній. Їх аналіз переважно базується на модельованих дослідженнях. Ревіра-Ріос та ін.[13] проаналізували помилку розмірних одиниць при вимірюваннях, ці помилки найчастіше обумовлені похибками локалізації на площині зображень.

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Якість алгоритму реконструкції карти навколишнього середовища за допомогою методу SLAM в існуючих підходах була оцінена відповідно до точності отриманої траєкторії руху сенсора та швидкодії алгоритму. Якщо розглядати підходи SLAM з метою побудови точної щільної реконструкції об'єктів навколишнього середовища, то необхідно враховувати три види похибок: похибки моделі камери, похибки при обробці зображень та похибки калібрування камери. На відміну від вищезгаданих досліджень, наш аналіз зосереджений на похибках результату фотометричного калібрування камери для дослідження залежності якості тривимірної реконструкції від точності фотометричного калібрування.

Цілі статті

Метою даної роботи є дослідження оцінки якості тривимірної реконструкції та впливу на неї фотометричного калібрування камери. Зокрема, аналіз реконструкції, отриманої за допомогою алгоритму SLAM, та аналіз впливу похибок фотометричного калібрування на якість прямих методів візуальної одометрії як частини SLAM-системи.

Виклад основного матеріалу

Для оцінки впливу похибок калібрування на тривимірну реконструкцію було розроблено алгоритм обробки та аналізу сцени навколишнього середовища, що отримана в результаті роботи системи одночасної локалізації та картографування. Критерієм оцінки впливу обрано значення величини середньоквадратичного відхилення точок, що належать деякій заданій площині. Для цих цілей були розроблені модулі отримання зображення, реконструкції тривимірної хмари точок, детектування площини та розрахунку величини відхилення. Всі модулі були реалізовані на C++ Операційній системі роботів (Robot Operating System -- ROS), версія Indigo. Для процесів обробки вхідних зображень використано бібліотеку OpenCV [7]. Обробка від реконструйованої хмари точок здійснена з використанням бібліотеки PCL.

1. Отримання зображень

Модуль отримання зображень представляє собою зв'язок основної системи з камерою. Реалізований сервіс надсилає кольорові зображення у форматі, який підтримує ROS. Зображення, отримане з камери, є стиснутим для передачі з низькою пропускнуною спроможністю. Крім того, цей модуль також здійснює візуалізацію отриманих зображень.

У дослідженні було використано камеру з об'єктивом «риб'яче око» з кутом огляду 166°. Для ректифікації вихідного зображення здійснюється процедура тривимірного калібрування. Вона представляє собою обчислення зовнішніх та внутрішніх параметрів камери.

Нехай P – тривимірна точка з координатами \bar{X} у світовій системі координат. Вектор координат точки P у системі камери: $\bar{X}_C = R\bar{X} + \bar{T}$. Тут R – поворотна матриця, що відповідає вектору повороту om : $R = rodrigues(om)$. Тоді маємо координати \bar{X}_C : $(\bar{X}_{C1}, \bar{X}_{C2}, \bar{X}_{C3}) = (x, y, z)$.

Координати пінхольної проекції точки $P(a,b)$ можуть бути представлені:

$$a = \frac{x}{z}$$

$$b = \frac{y}{z}$$

$$r^2 = a^2 + b^2.$$

Покладемо $\theta = atan(r)$. Тоді модель дисторсії [14]:

$$\theta_a = \theta(1 + k_1\theta^2 + k_2\theta^4 + k_3\theta^6 + k_4\theta^8)$$

Координати спотвореної точки P' представляють собою вектор $\bar{X}'(x', y')$:

$$x' = \left(\frac{\theta_a}{r}\right)a$$

$$y' = \left(\frac{\theta_a}{r}\right)b$$

Проекція точки P на зображення представляє собою точку $P_{Im}(u, v)$:

$$u = f_x(x' + \alpha y') + c_x$$

$$v = f_y y' + c_y$$

Для отримання калібрувальних параметрів камери необхідно зібрати набір зображень калібрувального шаблону в різних положеннях камери. Для даного дослідження було використано набір обсягом 184 зображення. Декілька прикладів з набору наведено на рис.1.

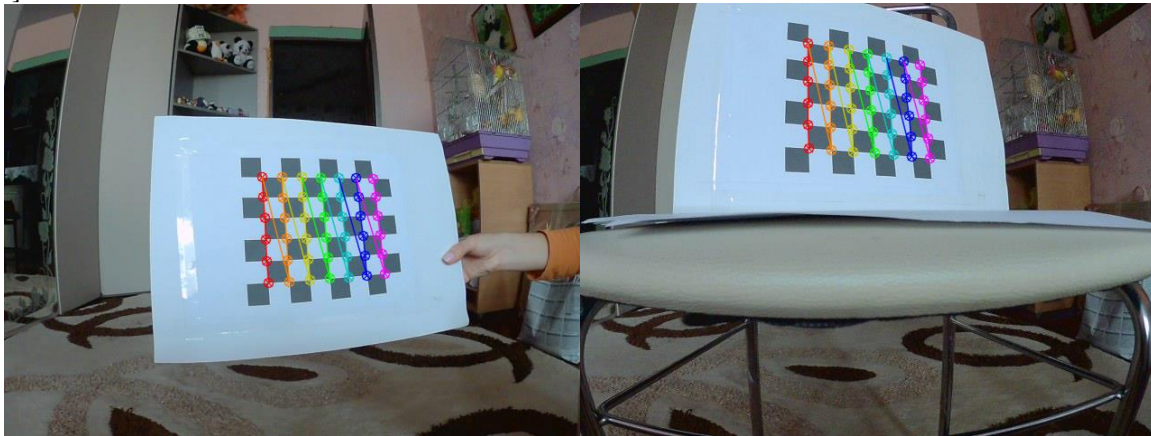


Рис.1 Приклади з калібрувального набору зображень

Застосовуючи методи бібліотеки OpenCV, отримуються внутрішні параметри камери та застосовуються до кожного вхідного зображення для усунення спотворень об'єктива.

2. Реконструкція сцени системою SLAM

Для отримання тривимірної інформації про сцену та оцінки поточного положення модуля камери, було використано модуль на основі системи LSD-SLAM. Середня швидкість отримання нового ключового кадру в системі та оцінки положення становить приблизно 5 та 10 Гц. Як показано на рисунку 2, оцінка глибини відбувається переважно на

контурах на зображення. Такий результат є характерним для бібліотеки LSD-SLAM. Принцип її роботи полягає у пошуку різниці інтенсивностей зображень та знаходженні відповідностей на контурах текстур залежно від контрастностей сцени. Для оптимальної реконструкції сцени необхідно забезпечити її статичність. Даний модуль забезпечує збір та злиття від реконструйованих хмар точок з різних ключових кадрів (рис.2). Подальша оптимізація реконструкції може бути здійснена шляхом пост-обробки отриманої хмари точок.

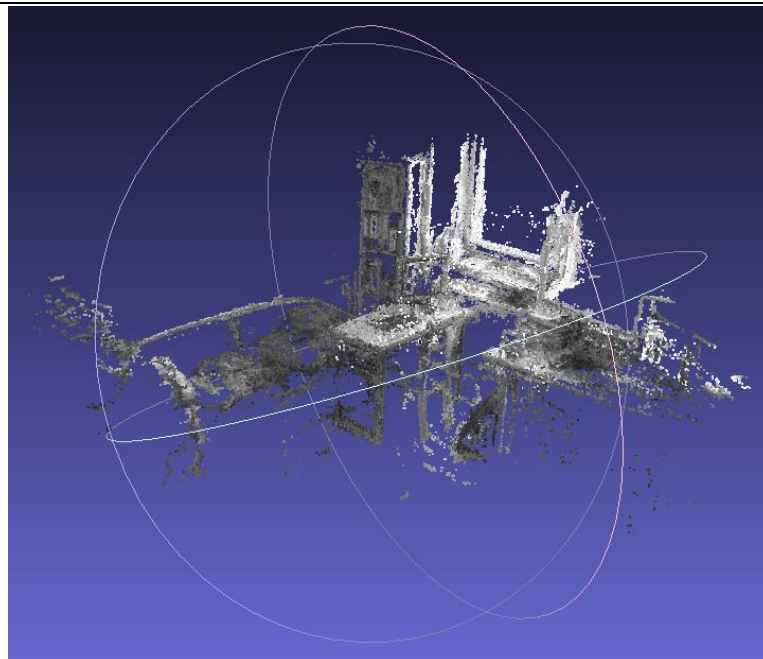


Рис.2 Тривимірна модель у результаті реконструкції сцени

3. Сегментація площини з хмари точок

Для сегментації площини з хмари точок було застосовано алгоритм RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS) [15]. Цей метод оцінює параметри математичної моделі для набору спостережуваних даних які містять велику кількість викидів. Він випадковим чином вибирає мінімальний набір точок для оцінки параметрів моделі. З випадкових зразків він вибирає той, який найкраще відповідає повному набору точок. За своїм загальним формулюванням, RANSAC може бути легко застосований для опису будь-яких примітивних геометричних форм. Проте основний підхід RANSAC передбачає, що вхідні дані можуть належати лише одній моделі.

Функція пріоритетів з м'яким порогом [16], що базується на двох вагових функціях, використовується для поліпшення якості сегментації, яка враховує як відстань від точок до площини, так і узгодженість між векторами нормалі. Однак, це вимагає оцінки вектора нормалі в кожній точці, що є неефективним у хмарах точок з великою щільністю.

Відповідно до оцінок [17], часова складність RANSAC залежить від розміру підмножини, частки викидів та кількості точок в наборі. Час роботи RANSAC може бути надмірно довгим у деяких випадках. Тому розглядається модифікація алгоритму для більш ефективного детектування форм у хмарах точок – включаючи плоскі форми. Октодереву використовується для встановлення просторової близькості між зразками та їх функція оцінки враховує лише локальну підмножину зразків. Локальна вибірка шляхом відбору точок всередині кожного вузла, використовується для уникнення некоректних результатів.

4. Оцінка якості тривимірної реконструкції

Оцінку впливу похибок калібрування на тривимірну реконструкцію було здійснено шляхом порівняння метрик для окремих площин при різному

рівні внесеної штучно похибки та оцінки впливу величини похибки на ці метрики. Для цього розраховано величину середньоквадратичного відхилення хмари точок та на основі неї проведено оцінку площинності.

Маємо хмару точок, що представляє собою набір точок $P_i(X_i, Y_i, Z_i)$ в системі координат площини. Дана система координат є такою, що вісь z є перпендикулярною до площини. Перетворення, що переводить точку з глобальної системи координат реконструкції у локальну систему координат площини може бути представлено у вигляді: $P_L = R * P_G + T$.

Визначимо точку $O(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$, таку що:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{\sum X_i}{n} \\ \bar{Y} &= \frac{\sum Y_i}{n} \\ \bar{Z} &= \frac{\sum Z_i}{n} \end{aligned}$$

Розглянемо точку O як центр координат нової локальної системи. Координати точок у новій системі можуть бути представлені:

$$\begin{aligned} x_i &= X_i - \bar{X} \\ y_i &= Y_i - \bar{Y} \\ z_i &= Z_i - \bar{Z} \end{aligned}$$

Представимо площину у локальній системі координат як $z = ax + by$, де a та b можуть бути оцінені з наступних виразів (передбачаючи, що вимірювання відхилень здійснюється вздовж осі z):

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum y_i^2 \cdot \sum z_i \cdot x_i - \sum x_i \cdot y_i \cdot \sum z_i \cdot y_i}{\sum x_i^2 \cdot \sum y_i^2 - (\sum x_i \cdot y_i)^2} \\ b &= \frac{\sum x_i^2 \cdot \sum z_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot y_i \cdot \sum z_i \cdot x_i}{\sum x_i^2 \cdot \sum y_i^2 - (\sum x_i \cdot y_i)^2} \end{aligned}$$

Обчислимо відхилення між вимірними точками та відсегментованою площиною:

$$e_i = \frac{(z_i - ax_i - by_i)}{\sqrt{a^2 + b^2 + 1}}$$

Відхилення площинності (FD) можна визначити за сумою значень максимуму додатного локального відхилення (TP) та максимального значення модулю від'ємного локального відхилення (FP):

$$FD = |e^+_{max}| + |e^-_{max}| = TP + FP$$

Повноту метрик (C1), правильність (C2) та якість (Q) для оцінки представленого методу виражають наступні представлення:

$$C1 = \frac{FD}{FD + TP}$$

$$C2 = \frac{FD}{FD + FP}$$

$$Q = \frac{FD}{FD + TP + FP}$$

Тут TP – кількість дійсних площин, що вірно задетектовані, FN – кількість площин, що є нерозпізнаними, FP – кількість невірно розпізнаних площин.

4. Результати експериментального дослідження

Оцінку впливу рівня похибок калібрування на тривимірну реконструкцію було протестовано на трьох наборах даних, що відповідають різним сценам. Основні параметри наборів даних представлені у табл.1.

Таблиця 1.

Опис наборів даних

Індекс	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Кількість точок	Середня щільність (точок/м ³)
1	7	5.2	3.2	45361	389
2	8.5	9.4	2.6	38265	184
3	7.3	7.2	2.5	37472	285

Як видно з рис.2, отримані тривимірні моделі мають достатню щільність. Це спричинено тим, що алгоритм LSD-SLAM, як прямий метод, використовує всю інформацію на зображенні, включно з контурами. Як бачимо, це забезпечує високу точність та надійність в мало текстурованих середовищах з використанням однієї монокамери.

Для кожної сцени було проведено сегментацію площин та виокремлено хмари точок, які являють собою набори вимірювань, що належать одній площині. Далі було проведено оцінку параметрів математичної моделі кожної з площин. Приклад окремої хмари точок, що відповідає зашумленій моделі площини, наведено на рис.3.

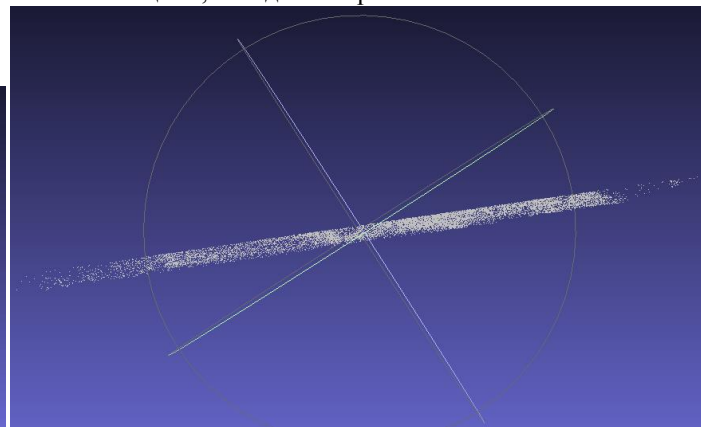


Рис.3 Результат сегментації площини

Для кожної отриманої площини та відповідній хмарі точок здійснено оцінку відхилень площинності та розраховано показники повноти метрик, правильності та якості. Далі досліджено вплив зміни параметрів калібрування на дані метрики. Для цього проведено аналіз чутливості параметрів камери, в якому здійснено спотворення значень пі-

кселів на площині зображення шумом зі стандартним відхиленням від 0.05 до 1.0 пікселя. У таблиці 2 наведено вибіркові результати аналізу чутливості. У змодельованій системі камера розташовувалася таким чином, що напрямок вісі z глобальної та локальної систем координат співпадає.

Таблиця 2.

Дисперсія параметрів калібрування як функція шуму

	0.05	0.1	0.5	1.0
p_x (пікс)	1.93	4.25	17.63	38.97
p_y (пікс)	0.43	0.86	4.87	9.75
t_x (м)	0.00	0.00	0.03	0.03
t_y (м)	0.00	0.00	0.02	0.01
t_z (м)	0.00	0.00	0.03	0.02
R_x (град)	0.00	0.01	0.02	0.02
R_y (град)	0.06	0.14	0.76	1.48
R_z (град)	0.08	0.23	1.13	2.27

На основі отриманих зашумлених параметрів камери було проведено процес реконструкції та сегментації площин з отриманих моделей. Для кожного такого набору вхідних даних проведено оцінку

відхилень площинності. Залежність відхилення площинності від рівня внесеної похибки для кожного з трьох наборів даних представлено на рисунку 5.

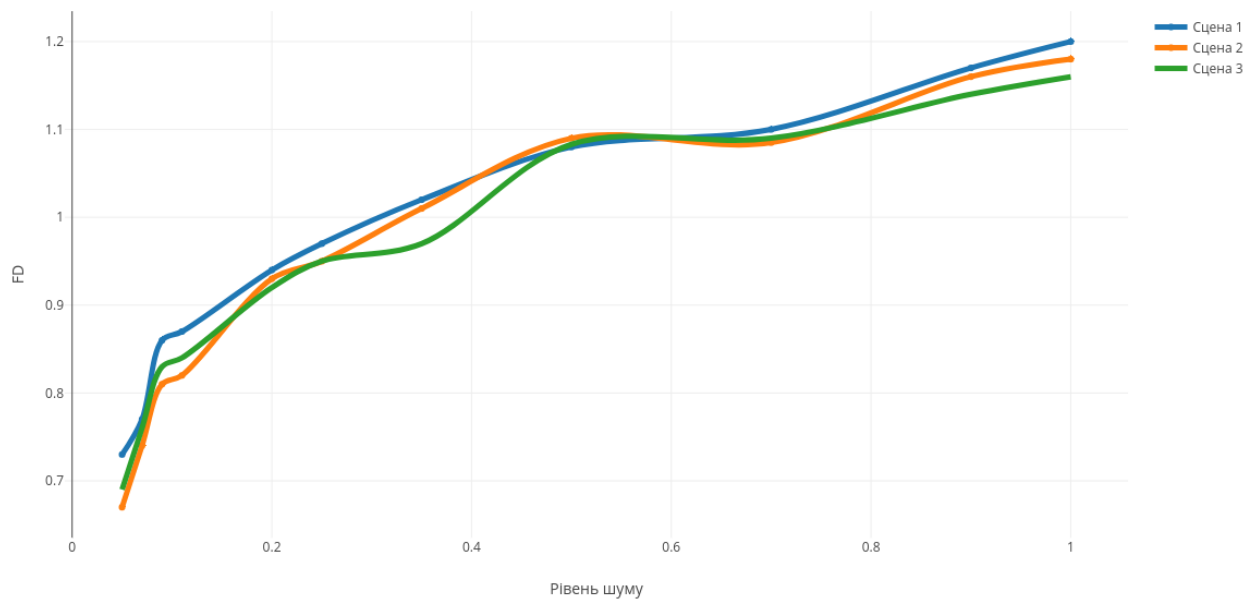


Рис.5. Залежність відхилення площинності від величини похибки параметрів калібрування

Висновки з даного дослідження та перспективи

Моделювання похибки параметрів калібрування камери із заданим рівнем шуму показує, що параметри калібрування погіршуються зі збільшенням рівня шуму. Зокрема, проаналізувавши встановлені метрики площинності, було встановлено, що похибка визначення центру зображення є пропорційною до похибки вимірювання. З цього випливає, що збільшення похибки сприяє збільшенню похибки оцінки параметрів калібрування. Крім того, параметри орієнтації (поворот та зміщення) є більш комплексними, а тому більш чутливі до шуму вимірювань ніж інші параметри.

Майбутні дослідження передбачають аналіз методів зменшення помилок вимірювань, що впливають на якість результуючої хмари точок, та підвищення їх ефективності.

Джерела

- Engel, Jakob & Schoeps, Thomas & Cremers, Daniel. (2014). LSD-SLAM: large-scale direct monocular SLAM. *Eur. Conf. Comput. Vis.* 8690. 1-16. 10.1007/978-3-319-10605-2_54.
- Engel, Jakob & Usenko, Vladyslav & Cremers, Daniel. (2016). A Photometrically Calibrated Benchmark For Monocular Visual Odometry.
- Renshu Gu, Jie Yuan, Hui Zheng, "Volumetric motion vector calculation in free angle display system", *Natural Computation (ICNC) 2011 Seventh International Conference on*, vol. 2, pp. 987-991, 2011, ISSN 2157-9563.
- Nalpantidis, Lazaros & Gasteratos, Antonios. (2011). Stereo Vision Depth Estimation Methods for Robotic Applications. *Depth Map and 3D Imaging Applications: Algorithms and Technologies*. 3. 397-417. 10.4018/978-1-61350-326-3.ch021.

- M. Zucchelli, and J. Kosecka. Motion Bias and Structure Distortion Induced by Intrinsic Calibration Errors. *Image and Vision Computing*, vol. 26, No. 5, pp: 639-646, 2008.

- Songfan Yang, Bir Bhanu, Anastasios I. Mourikis, "Error model for scene reconstruction from motion and stereo", *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW) 2010 IEEE Computer Society Conference on*, pp. 70-77, 2010, ISSN 2160-7508.

- Culjak, I., Abram, D., Pribanic, T., Dzapo, H., & Cifrek, M. (2012). A brief introduction to opencv. In *MIPRO, 2012 Proceedings of the 35th International Convention* (pp. 1725e1730).

- Yang, Songfan & Bhanu, Bir & I. Mourikis, Anastasios. (2010). Error model for scene reconstruction from motion and stereo. *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Workshops, CVPRW 2010*. 70 - 77. 10.1109/CVPRW.2010.5543807.

- Stefan Lehmann, Andrew P. Bradley, John Williams, Peter J. Kootsookos, L. Clarkson, "Correspondence-Free Determination of the Affine Fundamental Matrix", *Pattern Analysis and Machine Intelligence IEEE Transactions on*, vol. 29, pp. 82-97, 2007, ISSN 0162-8828.

- Belhaoua, A., Kohler, S. & Hirsch, E. *J Image Video Proc* (2010) 2010: 539836. <https://doi.org/10.1155/2010/539836>

- Ghazouani, Haythem & Tagina, Moncef & Zapata, Rene. (2011). Robot Navigation Map Building Using Stereo Vision Based 3D Occupancy Grid.

- Renshu Gu, Jie Yuan, Hui Zheng, "Volumetric motion vector calculation in free angle display system", *Natural Computation (ICNC) 2011 Seventh International Conference on*, vol. 2, pp. 987-991, 2011, ISSN 2157-9563.

13. Tao Zhang, Terry Boulton, "Realistic stereo error models and finite optimal stereo baselines", Applications of Computer Vision (WACV) 2011 IEEE Workshop on, pp. 426-433, 2011, ISSN 1550-5790.

14. J. Kannala and S. S. Brandt, "A generic camera model and calibration method for conventional, wide-angle, and fish-eye lenses," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 8, pp. 1335-1340, Aug. 2006. doi: 10.1109/TPAMI.2006.153

15. Fischler, M.A., Bolles, R.C.: Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Commun. of the ACM* (1981)

16. Xu, B.; Jiang, W.; Shan, J.; Zhang, J.; Li, L. Investigation on the Weighted RANSAC Approaches for Building Roof Plane Segmentation from LiDAR Point Clouds. *Remote Sens.* 2015, 8, 5.

17. Raguram, R.; Chum, O.; Pollefeys, M.; Matas, J.; Frahm, J.M. USAC: A universal framework for random sample consensus. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2013, 35, 2022–2038.

Novskiy A.V.

Ph.D., Professor,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Novskiy V.A.,

Ph.D., Assistant Professor,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Voitenko I.V.

Ph.D., Assistant Professor,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Новский Александр Васильевич

кандидат технических наук, профессор кафедры оснований и фундаментов Одесской государственной академии строительства и архитектуры

Новский Василий Александрович

кандидат технических наук, доцент кафедры оснований и фундаментов Одесской государственной академии строительства и архитектуры

Войтенко Инга Владимировна

кандидат технических наук, доцент кафедры оснований и фундаментов Одесской государственной академии строительства и архитектуры

SPECIAL PROPERTIES OF LIMESTONE OF THE ODESSA REGION ОСОБЫЕ СВОЙСТВА ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА ОДЕССКОГО РЕГИОНА

Abstract: the technique and results of studies of anisotropic properties of limestone-shell rock are described. It is found that the anisotropy coefficient depends on the type of load in determining the different strength characteristics and is in the range of 1.89 – 0.86. Softness in humidification also depends on the type of load and is in the range of 0.75 – 0.90. Therefore, when considering anisotropy and softness it is necessary to consider a type of loading of limestone - shell rock.

Keywords: limestone-shell rock, anisotropy, stratification, tensile strength, shears resistance, structural strength, softness.

Аннотация: Описана методика и результаты исследований анизотропных свойств известняка-ракушечника. Установлено, что коэффициент анизотропии зависит от вида загрузки при определении различных прочностных характеристик и находится в пределах 1,89 – 0,86. Размягчаемость при увлажнении также зависит от вида загрузки и находится в пределах 0,75 – 0,90. Следовательно, при учете анизотропии и размягчаемости необходимо учитывать вид загрузки известняка - ракушечника.

Ключевые слова: известняк-ракушечник, анизотропия, слоистость, предел прочности, сопротивление срезу, структурная прочность, размягчаемость.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Грунтовая толща Одесского региона, которая используется как основание фундаментов зданий и сооружений, характеризуется наличием комплекса лессовых грунтов, которые подстилаются понтскими известняками, ниже которых залегают мезозойские

глины. С повышением этажности зданий и устройством многоярусных подземных помещений возникла необходимость использования известняков в качестве несущего слоя фундаментов на естественном основании и свайных. Эти задачи обусловили проведение дополнительных исследований механических свойств известняка-ракушечника.

Анализ последних исследований и публикаций. Экспериментальных данных о строительных свойствах понтических известняков, как оснований фундаментов, не так много. В материалах изысканий для этих пород обычно приводят сведения только о пределе прочности на одноосное сжатие, как для полускальных пород. Другие параметры, определяющие прочностные и деформационные свойства, до недавнего времени отсутствовали.

Мало изученными являются вопросы анизотропии и размягчаемости. Изучением этих вопросов занимается ряд ученых, в том числе кафедры оснований и фундаментов ОГАСА, результаты которых изложены в работах [1, 2, 3]. Разработаны и апробированы методики определения механических свойств известняка, как в лабораторных, так и полевых условиях. Осуществляется накопление и обработка экспериментальных данных с целью формирования региональных норм.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Установлено, что значение предельной нагрузки, приложенной вертикально к слоистости известняка, отличается от значений при приложении нагрузки в горизонтальном направлении (вдоль слоистости). Этим можно объяснить разное значение показателей деформативных и прочностных свойств в вертикальном и горизонтальном направлении. Но достаточно полных сведений об изменении свойств известняков с учетом анизотропии на сегодняшний день нет. Мало изучен вопрос о размягчаемости известняка при водонасыщении.

В нормативной литературе за критерий оценки анизотропных свойств скальных и полускальных пород принят коэффициент анизотропии k_a , значение которого определяют отношением показателя предела прочности на одноосное сжатие в горизонтальном направлении $R_{c,a}$ к его значению при вертикальном векторе приложения нагрузки R_c . Нами

установлено, что подобное соотношение между другими показателями механических характеристик известняка-ракушечника, которыми является структурная прочность, сопротивление срезу, сопротивление сжатию в массиве, отличаются от коэффициента анизотропии по значениям предела прочности на одноосное сжатие. Поэтому, в расчетах, где используется структурная прочность и сопротивление срезу, в том числе вдоль боковой поверхности буронабивных свай, нужно использовать соответствующие коэффициенты анизотропии.

Постановка задачи. Перед исследованиями была поставлена задача определить коэффициенты анизотропии и размягчаемости известняка-ракушечника Одесского региона при определении предела прочности на одноосное сжатие, сопротивления срезу по боковой поверхности буронабивных свай и структурной прочности в массиве.

Изложение основного материала. Пильный известняк-ракушечник Одесского региона является органогенной породой, обладающей анизотропными свойствами и способностью размягчаться при увлажнении. Его толща состоит из скопления скелетов моллюсков, сцементированных на контактах прочными кристаллизационными связями. Прочность на раздавливание зависит от направления усилия. Значение предельной нагрузки, приложенной вертикально к плоскости их накопления, отличается от значений при горизонтальном приложении нагрузки (вдоль слоистости).

Коэффициент анизотропии при определении предела прочности на одноосное сжатие. Коэффициент анизотропии $k_{a,Rc}$ при определении предела прочности на одноосное сжатие был определен по пяти сериям испытаний образцов известняка-ракушечника с размерами граней 70 мм, основные результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Соотношения показателей предела прочности на одноосное сжатие известняка-ракушечника вдоль и поперек слоистости

Серия	Количество испытаний	Значение показателя предела прочности, МПа.		Коэффициент анизотропии, $k_{a,Rc}$
		Поперек слоистости, R_c	Вдоль слоистости, $R_{c,a}$	
1	10	0,84	1,28	1,52
2	10	0,50	1,32	2,64
3	10	0,98	2,12	2,16
4	10	0,52	1,13	2,17
5	10	0,89	1,27	1,43
Среднее	50	0,75	1,42	1,89

Таким образом, по результатам проведенных исследований, предел прочности на одноосное сжатие поперек слоистости меньше, чем вдоль слоистости. При этом коэффициент анизотропии составил 1,89.

Коэффициент анизотропии при определении структурной прочности. Как известно, предел прочности на одноосное сжатие не отражает фактического значения сопротивления разрушению и последующего уплотнения известняка в массиве. От

давлений, передаваемых фундаментом на основание, в грунтовой толще возникают напряжения на участках поверхности частиц скелета в точках их контактов. Векторы напряжений направлены хаотично. От суммы их проекций на вертикальную ось «Z» возникают напряжения, вызывающие уплотнения σ_z . От суммы их проекций на ось «X» или «Y» возникает напряжение, вызывающее боковые давления σ_y или σ_x . При возникновении горизонталь-

ного давления при раздавливании кубика отсутствует сопротивление вдоль его боковых граней, что снижает значение R_c при разрушении в отличие от структурной прочности p_{str} в массиве.



Определение p_{str} в лабораторных условиях проведены в приборе (см. рис. 1), в котором боковое давление грунта под штампом уравнивается структурной прочностью испытываемой породы, препятствуя разрушению его в стороны.

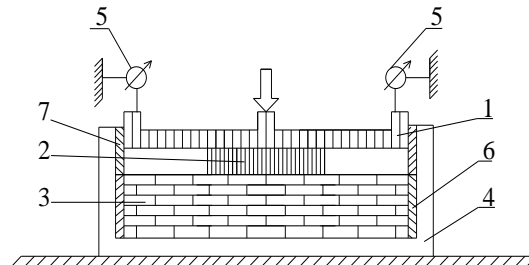


Рис.1. Внешний вид и схема прибора для определения структурной прочности
 1 - направляющее кольцо; 2 - штамп; 3 - образец грунта; 4 - корпус;
 5 - индикатор часового типа; 6 - нижнее кольцо; 7 - верхнее кольцо

В табл. 2 приведены результаты определения p_{str} поперек и вдоль слоистости на образцах одной

партии без соблюдения их синхронизации, поэтому, коэффициент анизотропии определен по средним значениям, полученным в испытаниях.

Таблица 2

Результаты определения p_{str} поперек и вдоль слоистости в известняках-ракушечниках в воздушно-сухом состоянии

Серия	Количество испытаний	Значение показателя структурной прочности, МПа.		Коэффициент анизотропии, $k_{a,pstr}$
		Поперек слоистости, p_{str}	Вдоль слоистости, $p_{str,a}$	
6	1	2,48		
7	3	1,72		
8	2	1,62		
9	4	0,95		
10	4		2,87	
11	4		2,46	
12	4		3,29	
13	4		2,29	
14	3	1,93		
15	4	2,20		
16	4	3,01		
17	4	2,65		
18	3	3,16		
19	4	1,95		
20	4	2,10		
Среднее	52	2,16	2,73	1,26

Таким образом, по результатам проведенных исследований, структурная прочность поперек слоистости меньше, чем вдоль слоистости. При этом коэффициент анизотропии $k_{a,pstr}$ составил 1,26.

Коэффициент анизотропии при определении сопротивления срезу вдоль боковой поверхности буронабивных свай

Одной из прочностных характеристик известняка-ракушечника является сопротивление срезу по боковой поверхности буронабивных свай.

Стенки скважин буронабивных свай обладают высокой ноздреватостью. Цементное молоко при бетонировании свай проникает в крупные пустоты пор, образуя шероховатую поверхность сопряжения между стволом сваи и окружающей породой. Сопротивление срезу определяется не трением, а прочностью известняка, находящегося за пределами поверхности ствола сваи, пропитанного затвердевшим цементным раствором. Следова-

тельно, разрушение при «срыве» происходит по известняку. Схема и внешний вид силового устройства для испытаний моделей свай приведены на рис. 2, а результаты исследований в табл. 3.

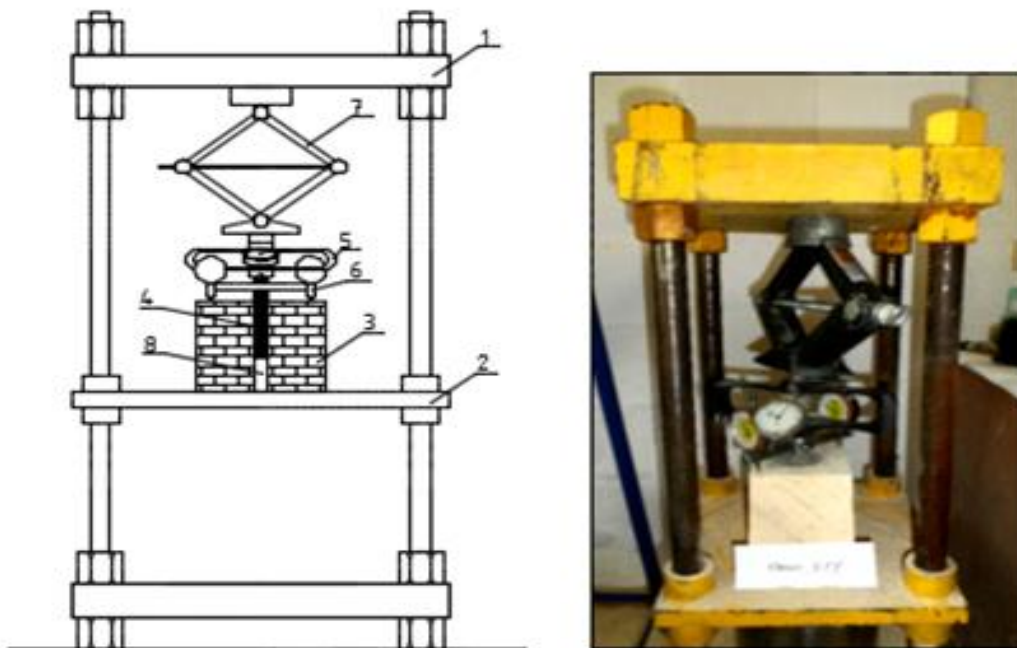


Рис. 2. Схема и внешний вид силовой установки для испытания известняка-ракушечника моделями буронабивных свай
 1, 2 - неподвижные плиты; 3 - образец известняка; 4 - модель сваи;
 5 - динамометр; 6 - индикаторы часового типа;
 7 - домкрат; 8 - полость под пятой сваи

В скважинах, пройденных поперек слоистости, ноздреватость стенок выше, чем в скважинах вдоль слоистости. Предельное значение сопротивления сдвигу определено по результатам сорока ис-

пытаний известняка модельными сваями в поперечном и продольном направлениях по отношению к слоистости.

Таблица 3

Соотношения показателей сопротивления срезу известняка-ракушечника по боковой поверхности буронабивных свай вдоль и поперек слоистости

Серия	Количество испытаний	Значение показателя сопротивления срезу, МПа.		Коэффициент анизотропии, $k_{a,f}$
		Поперек слоистости, f_c	Вдоль слоистости, $f_{c,a}$	
21	4	0,93	0,81	0,87
22	4	0,86	0,71	0,83
23	4	1.46	1.20	0,82
24	4	0,97	1,02	1,05
25	4	1,24	0,90	0,73
Среднее	20	1,09	0,93	0,86

Таким образом, по результатам проведенных исследований, сопротивление сдвигу поперек слоистости больше, чем вдоль слоистости. При этом коэффициент анизотропии $k_{a,f}$ составил 0,86.

Коэффициент размягчаемости при определении предела прочности на одноосное сжатие

Одним из особых свойств известняка-ракушечника является размягчаемость при увлажнении. Водонасыщение оказывает влияние на снижение показателей прочностных свойств грунтов. Она оценивается коэффициентом размягчаемости,

определяемом отношением пределов прочности в водонасыщенном и воздушно-сухом состояниях. Согласно нормативным документам породы по этому показателю делятся на размягчаемые и не размягчаемые. К не размягчаемым относятся породы со значением $k_{sof} \geq 0,75$, а к размягчаемым - при $k_{sof} < 0,75$.

Значения коэффициента размягчаемости, полученные по соотношению предела прочности на одноосное сжатие, отличаются от значений при

определении структурной прочности и сопротивления сдвигу вдоль боковой поверхности буронабивных свай. Испытания по определению коэффициентов размягчаемости по значению структурной прочности и сопротивления сдвигу выполнены при приложении вертикальной нагрузки поперек слоистости. Водонасыщение опытных образцов выполнялось в течение 15 суток.

Средневзвешенные значения коэффициента размягчаемости, полученные по результатам определения предела прочности образцов в воздушно-сухом состоянии R_c и после водонасыщения $R_{c,sat}$ по 23 испытаниям в каждом состоянии приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Соотношение показателей предела прочности одноосному сжатию
в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии**

Серия	Количество испытаний	Значение показателя предела прочности, МПа		Коэффициент размягчаемости, k_s
		В сухом состоянии R_c	В водонасыщенном состоянии, $R_{c,sat}$	
26	4+4	0,95	0,76	0,80
27	4+4	0,97	0,65	0,67
28	3+3	0,83	0,48	0,58
29	4+4	0,44	0,44	1,00
30	4+4	0,42	0,25	0,60
31	4+4	0,41	0,42	1,02
Среднее	23+23	0,67	0,50	0,75

Таким образом, «пильный» известняк-ракушечник по результатам испытаний на одноосное сжатие можно отнести, как к размягчаемым, так и не размягчаемым. Среднее значение этого показателя по 46 опытам равно 0,75.

Коэффициент размягчаемости при определении структурной прочности.

Ниже приведены результаты 32 испытаний по определению показателей структурной прочности разных образцов известняка-ракушечника по 16 для каждого состояния по влажности. Основные результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5

Соотношение показателей структурной прочности известняка-ракушечника в водонасыщенном и воздушно-сухом состоянии

Серия	Количество испытаний	Значение показателя структурной прочности, МПа.		Коэффициент размягчаемости, $k_{s,Pstr}$
		В сухом состоянии, p_{str}	В водонасыщенном состоянии, $p_{str,sat}$	
32	2+2	0,98	0,92	0,94
33	3+3	1,66	0,95	0,57
34	2+2	2,27	1,17	0,54
35	3+3	1,02	0,89	0,87
36	3+3	1,95	1,13	0,58
37	3+3	1,81	1,02	0,56
Среднее	16+16	1,61	1,01	0,63

Таким образом, известняк-ракушечник по результатам 32 испытаний по определению структурной прочности можно отнести к размягчаемым, так как среднее значение этого показателя равно 0,63. Полученные результаты свидетельствуют о незначительных отклонениях коэффициента размягчаемости для разных образцов от средневзвешенного.

Коэффициент размягчаемости при определении сопротивления срезу вдоль боковой поверхности буронабивных свай

Исследованиями [1, 2] установлено, что сдвиг вдоль боковой поверхности буронабивных свай в

известняке-ракушечнике, происходит не по поверхности ствола, а на расстоянии от него, равном проникновению цементного молока в породу. В проведенных испытаниях моделей свай это расстояние изменялось от 2 до 3 мм, в среднем – 2,5 мм. Сдвиг определяли разрушением известняка в результате перемещения ствола после «срыва». Установлено, что известняк-ракушечник по результатам 48 испытаний по определению сопротивления сдвигу вдоль боковой поверхности буронабивных свай можно отнести к не размягчаемому, так как среднее значение этого показателя равно 0,90.

Соотношение показателей сопротивления срезу известняка-ракушечника вдоль боковой поверхности буронабивных свай после водонасыщения и при воздушно-сухом состоянии

Серия	Количество испытаний	Значение показателя сопротивления срезу, МПа.		Коэффициент анизотропии, $k_{s, fc}$
		В сухом состоянии, f_c	В водонасыщенном состоянии, $f_{c,sat}$	
38	4+4	1,03	1,24	1,20
39	4+4	1,23	1,19	0,97
40	4+4	1,72	1,35	0,78
41	4+4	0,65	0,59	0,91
42	4+4	0,65	0,49	0,75
43	4+4	0,87	0,68	0,56
Среднее	24+24	1,02	0,92	0,90

Таким образом, по результатам 48 испытаний по определению сопротивления сдвигу вдоль боковой поверхности буронабивных свай исследуемый

известняк можно отнести к не размягчаемому, так как среднее значение этого показателя равно 0,90.

Таблица 7

Значения коэффициентов размягчаемости при определении разных показателей механических свойств известняка-ракушечника

Показатели механических свойств	Предельное значение показателей, МПа при испытаниях		Коэффициент размягчаемости k_{sof}
	В воздушно-сухом состоянии	После водонасыщения	
R_c	0,67	0,50	0,75
P_{str}	1,61	1,01	0,63
f_c	1,02	0,92	0,90

Выводы и рекомендации

На основании выполненных исследований установлено, что анизотропные свойства известняка-ракушечника существенным образом зависят от определяемых механических характеристик, при этом соотношение между коэффициентом анизотропии составляет 2,2 раза. Наибольшие значения получены при определении предела прочности на одноосное сжатие (1,89) и наименьшие - при определении сопротивления срезу вдоль боковой поверхности буронабивных свай (0,86). Коэффициент размягчаемости в меньшей мере зависит от определяемых механических характеристик и находится в пределах 0,75 – 0,90.

Таким образом, при выполнении расчетов с учетом анизотропии, необходимо использовать соответствующие коэффициенты, характерные тем либо иным показателям механических свойств известняка-ракушечника.

Список литературы:

1. Новский В.А. Исследование прочностных и деформативных свойств известняка-ракушечника а лабораторных условиях /В. А. Новский// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.- Одесса, 2008. - Вип. 29, ч. 2. - с. 289-295.
2. Новский А.В. Известняк-ракушечник. Исследование и использование в качестве основания фундаментов / Новский А.В., Новский В.А., Тугаенко Ю.Ф./ Астропринт. Одесса, 2014. С. 92.
3. Kornienko N.U. Mechanical Properties of Semi-Rocks Soils and Methods of Their Determination / N.U. Kornienko, A.V. Novskiy, A.P. Tkalic, Y.F. Tugaenko // Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Part 1. Athens, 2011. – p. 43-49.

Krasnoshchok I.O.*Master at the department of the Mathematical Methods of System Analysis,
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Danylov V.Y.***Doctor of Engineering Sciences,
Professor at the department of the Mathematical Methods of System Analysis,
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Краснощок І.О.***Магістр кафедри Математичних методів системного аналізу
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Данилов В.Я.***Доктор технічних наук,
професор кафедри Математичних методів системного аналізу,
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

ENCODER-DECODER CONVOLUTION NEURAL NETWORK WITH CORRELATION LAYER FOR DEPTH ESTIMATION

ЕНКОДЕР-ДЕКОДЕР ЗГОРТКОВА НЕЙРОННА МЕРЕЖА З КОРЕЛЯЦІЙНИМ ШАРОМ ДЛЯ ОЦІНКИ ГЛИБИНИ

Summary:

Today Convolution Neural Networks (CNN) successfully used in many areas of Computer Vision, especially in Stereo Vision. However, the problem of calculation depth map with high accuracy remains unresolved. In this paper we propose convolution neural network that allow obtain depth map with high precision and small inference time. This network is based on encoder-decoder type, with correlation layer. Unlike other fast architectures for depth estimation, our architecture has higher accuracy and can be used in self-driving cars. We have achieved high accuracy on Kitti Stereo2015 benchmark.

Key words: depth map, disparity, convolution neural network, correlation layer, encoder-decoder.

Анотація:

На сьогодні згорткові нейронні мережі (ЗНМ) успішно застосовуються у багатьох областях комп'ютерного зору, особливо в стерео баченні. Однак проблема визначення карти глибини з високою точністю залишається ще не вирішеною. В даній роботі ми пропонуємо архітектуру згорткової нейронної мережі, яка з високою швидкістю дозволяє отримати карту глибини з великою точністю. Дана мережа будується на типі енкодер-декодер, з кореляційним шаром. Експерименти показали, що на відміну інших швидких рішень оцінки карти глибини, дана архітектура дозволяє з високою точністю отримувати карту глибини при русі автомобіля. Нам вдалося досягти високих результатів на Kitti Stereo 2015 онлайн змаганні.

Ключові слова: карта глибини, невідповідність, згорткова нейронна мережа, кореляційний шар, енкодер-декодер.

Постановка проблеми

Мета зіставлення двох стерео зображень – це оцінити значення невідповідності всіх пікселів лівого зображення відносно правого зображення стерео пари. Це одна з головних проблем комп'ютерного зору, яка має багато застосувань в прикладних задачах, такі як самохідні автомобілі, навігація роботів та в пристроях з доповненою реальністю. Хоча технічне визначення глибини, наприклад за допомогою LIDAR або ToF, легко дозволяє визначити глибину, використання лише стерео пари для визначення глибини є більш ресурсозберігаючим підходом.

Маючи стерео пару, попередньо вирівнявши зображення, глибина пікселя може бути визначена зіставленням пікселів на стерео парі вздовж осі x при фіксованій осі y . Нехай для одного пікселя на лівому зображенні – (x, y) , відповідний піксель знаходиться з координатами $(x+d, y)$, d - невідповідність. Тоді глибина для даного пікселя може бути обчислена, як d , де f – фокальна відстань камери, l –

відстань між обома камерами. Так як глибина обернено пропорційна до невідповідності, то проблему знаходження глибини можна замінити на знаходження невідповідності.

Проблема стерео зіставлення інтенсивно досліджується з 1980-х років. Проблеми визначення глибини: камери можуть по різному передавати колір пікселя (наприклад відсвічування сонця), зашумлення картинок, відмінність ракурсів у камер, регіони з однаковим кольором, повторення об'єктів (тин), дзеркальність об'єктів, прозорість (скло), загородження (на лівій камері об'єкт присутній, на іншій він затуляється іншим об'єктом).

Початкові дослідження в основному робили зіставлення в чотири кроки: розрахунок функції вартості, розрахунок сукупної функції вартості, розрахунок невідповідності та покращення невідповідності. До недавнього часу дані чотири кроки були присутні в багатьох методах для оцінки невідповідності [17, 19, 20, 5]. Але останнім часом згорткові мережі показали свою продуктивність в багатьох

задачах комп'ютерного зору [13, 4, 27]. Не винятком стала і задача покращення невідповідності в стерео парі. Використання згорткових мереж для оцінки глибини значно перевершило традиційні чотирих крокові методи [26, 23, 9, 2].

Вперше для стерео зіставлення згорткові нейронні мережі були застосовані Zbontar та Lecun [23] для підрахунку схожості двох пікселів на стерео парі. Даний метод досяг найкращої точності на Kitti2015 [16] і Middlebury [18] стерео датасетах в той час. Даний метод показав, що порівнювати значення пікселів у функції вартості було недостатньо, в той час коли згорткова нейронна мережа може навчитися більш стійко знаходити невідповідність, використовуючи карти ознак зображення. Але в даній роботі були недоліки, а саме тривалий час підрахування невідповідності (> 60s); тому даний метод не можна використовувати для отримання невідповідності в закритих зонах (для точок, які не присутні на правому зображенні, але присутні на лівому); при використанні методів для покращення невідповідності використовуються параметри, що підбираються самостійно.

Дані роботи [10, 9] показали, що підрахунок функції вартості, підрахунок сукупної функції вартості та підрахунок невідповідності можуть бути порашовані згортковою нейронною мережею.

Зазвичай в традиційних методах комп'ютерного зору, наприклад, як Semi-Global Block Matching метод [21], використовується підрахунок функції енергії в декількох напрямках. На відміну від традиційних методів Maier [10] і Kendal [9] використовують багато згорткових шарів, розташованих один за одним і тренували вихід даної мережі, щоб він був схожий на правильну невідповідність. Дані методи досягли найкращих результатів у точності та в часі отримання невідповідності, на відміну від методів, що використовували згорткові шари тільки для підрахунку функції вартості.

У Maier та ін. [10], крім синтетичних датасетів, пропонується декілька варіантів згорткових мереж, які показали непогані результати на Kitti2015 [16]. Дані варіанти один від одного відрізняються, але найкращим виявився Dispnet з кореляційним шаром. Дана нейронна мережа відрізняється найшвидкішою швидкістю обрахунку невідповідності, близько 60 ms/frame. Також їхня архітектура побудована по типу – енкодер-декодер, що спочатку зменшує зображення, а потім збільшує його. Даний тип мереж зустрічається дуже часто, він присутній і у Kendal [9]. На відміну від мережі Maier [10], ми додали ще шари в кінці їхньої архітектури, так щоб вихід мережі був таких самих розмірів як і вхід. У Maier [10] вихід з мережі вдвічі менший, ніж вхід (на виході використовувалась інтерполяція до вхідного розміру зображення).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогоднішній день існує велика кількість методів та книжок для оцінки невідповідності зі стерео пари. Ми оглянемо лише декілька з них і зробимо наголос на методах, які використовують згорткові нейронні мережі.

Одними з основних методів для побудови карти глибини зі стерео пари в комп'ютерному бащенні є GBM і SGBM. Недоліком цих методів є те, що вони не можуть аналізувати текстуру зображення, не може аналізувати дзеркальні поверхні, погано справляються з закритими областями (occlusion) тощо. На Kitti2015 [16] змаганні дані алгоритми мають занадто високу помилку та тривалий час роботи.

На відміну від типових алгоритмів [21, 3], які виконуються в чотири кроки (див. вище), методи основані на згорткових нейронних мережах оцінюють невідповідність безвідносно до цих кроків. Умовно підходи ЗНМ можна поділити на дві категорії: навчання функції вартості та навчання кінець-в-кінець.

Навчання функції вартості. На відміну від звичайних метрик для оцінки функції вартості, такі як сума відмінностей абсолютної інтенсивності (SAD), нормалізована перехресна кореляція (NCC), згорткові нейронні мережі використовують для вимірювання схожості двох патчів зображення. Нап та ін. [6] надали мережу: MatchNet – виділяє ознаки з двох патчів і на основі повнозв'язних шарів робить висновок про їх схожість. На відміну від даного підходу, Zbontar і Lecun [23] за допомогою ЗНМ бінарно класифікували патчі зображень розмірів 9x9. Також в даній роботі використовувались методи для пост-обробки: перехресна агрегація, напів-глобальне зіставлення (SGM), перевірка узгодженості зліва направо, по-піксельне покращення та медіанний і білатеральний фільтри. Дана архітектура потребує багато повторів запуску для підрахунку функції вартості (залежить від максимальної величини невідповідності). Park і Lee [12] запропонували по-піксельний пірамідний пулінг для збільшення рецепторного поля під час порівняння двох патчів. На відміну від бінарної класифікації між двома патчами, Luo [2] запропонували вчити розподіл ймовірності для кожного можливого значення невідповідності. Хоча використання згорткових нейронних мереж значно покращило порівняння патчів, але після цього ідуть кроки вартісної агрегації, оптимізація невідповідності та покращення невідповідності, що загалом потребують покращення, як в точності, так і в часі обчислень.

Навчання кінець-в-кінець. В цій категорії, ЗНМ повністю оцінює невідповідність, що дозволяє тренувати мережу з вчителем кінець-в-кінець, подаючи на вхід стерео пару і правильне зображення невідповідності. Maier [10] першим запропонував кінець-в-кінець підхід з енкодер-декодер архітектурою (Dispnet) для оцінки невідповідності. Підрахунок функції вартості включено в енкодер частині архітектури. Схожі архітектури на Dispnet були застосовані для оцінки потоків (optical flow) в роботах [14, 22]. Кендал [9] з архітектурою мережі GC-Net, використовує 3D згортки після підрахунку функції вартості. Особливістю даних архітектур є те, що вони мають малий час виконання (менше 1 с). Також в деяких роботах [24, 7] для оцінки глибини

з одного зображення, а не стерео пари використовуються згорткові мережі, але точність набагато гірша, ніж в стерео парі.

До цієї ж категорії належить і наш метод. В нашій роботі ми змінили архітектуру однієї варіації архітектури Dispnet, так щоб отримати невідповідність високої якості. Завдяки цьому ми змогли досягти великої точності для оцінки невідповідності за цілком прийнятний час.

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Проблема отримання карти глибини з високою точністю зі стереопари залишається невирішеною. Крім точності важливим параметром є час обчислення карти глибини. Якість карти глибини, отриманої за допомогою нашої енкодер-декодер архітектури була оцінена відповідно до загальновідомих метрик. На відміну від вищезгаданих досліджень ми застосували більш глибоку згорткову нейронну мережу з кореляційним шаром, що дозволило покращити точність на Kitti онлайн змаганні.

Ціль статті

Метою даної роботи є дослідження оцінки карти глибини зі стереопари, за допомогою згорткових нейронних мереж. Зокрема, ЗНМ за типом енкодер-декодер та з кореляційним шаром. Також, продемонструвати застосування даної архітектури в самохідних автомобілях за рахунок малого часу обчислення карти глибини і високої точності.

Виклад основного матеріалу

1. Підхід

Mayer [10] розглядають декілька архітектур, а саме DispNet та DispNetCorr1D. DispNetCorr1D – це

архітектура DispNet, яка має додатковий Correlation layer. Ми обрали DispNetCorr1D як базову, оскільки вона дає кращі результати, ніж DispNet [10]. Наша архітектура має енкодер-декодер тип. Однак, на відміну від DispnetCorr1D, в якому вихідна невідповідність має розширення вдвічі менше за вхідне зображення, наша мережа має ще додаткові шари, які збільшують вихідну невідповідність до вхідного розміру стерео пари. Як буде показано в секції 4, що дана мережа показала більш кращі результати на датасетах Kitti та FlyingThings3D. Нашу архітектуру ми назвали DispNetEqual (Equal – означає рівний, тобто вихідне розширення невідповідності, такого ж розміру як і вхідне розширення стерео пари).

В даній мережі Correlation шар рахує функцію вартості в просторі ознак. На даному етапі використовуються неглибокі карти ознак, а саме вихід з шару “conv2_2”. Далі вихід Correlation шару об’єднується з картами ознак лівого зображення, в надії на те, що наступна частина мережі покращить функцію вартості і удосконалив вихідну невідповідність. В частині енкодер, мережа витягує інформацію з вихідної картинки та вчить карти ознак. Дана частина має зменшує площу карт ознак, але збільшує розмірність - це дає зменшує час обчислення і збільшує кількість запам’ятованих карт ознак. В декодер частині ми піднімаємось до вихідного зображення, при цьому додаємо інформацію з енкодер шарів, щоб пам’ятати не лише високорівневі карти ознак, а й низькорівневу.

Оцінка невідповідності відбувається в декодер частині за різного масштабу картинки, як показано в табл. 1.

Таблиця 1.

Архітектура DispNetEqual

Шар	K	S	Канали		Вх.	Вих.	Вхідні канали
conv1_1	7	2	6/64		1	2	left+right
conv1_2	3	1	64/64		2	2	conv1_1
conv2_1	5	2	64/128		2	4	conv1_2
conv2_2	3	1	128/128		4	4	conv2_1
Correlation	-	-	128/128		-	-	conv2_2
conv3_1	3	2	128/256		4	8	Correlation
conv3_2	3	1	256/256		8	8	conv3_1
conv4_1	3	2	256/512		8	16	conv3_2
conv4_2	3	1	512/512		16	16	conv4_1
conv5_1	3	2	512/512		16	32	conv4_2
conv5_2	3	1	512/512		32	32	conv5_1
conv6_1	3	2	512/1024		32	64	conv5_2
conv6_2	3	1	1024/1024		64	64	conv6_1
pr6	3	1	1024/1		64	64	conv6_2
deconv5	4	2	1024/512		64	32	conv6_2
up6_to_5	4	2	1/1		64	32	pr6
conv_concat5	3	1	1025/512		32	32	conv5_2+deconv5+up6_to_5

pr5	3	1	512/1		32	32	conv_concat5
deconv4	4	2	512/256		32	16	conv_concat5
up5_to_4	4	2	1/1		32	16	pr5
conv_concat4	3	1	769/256		16	16	conv4_2+deconv4+up5_to_4
pr4	3	1	256/1		16	16	conv_concat4
deconv3	4	2	256/128		16	8	conv_concat4
up4_to_3	4	2	1/1		16	8	pr4
conv_concat3	3	1	385/128		8	8	conv3_2+deconv3+up4_to_3
pr3	3	1	128/1		8	8	conv_concat3
deconv2	4	2	128/64		8	4	conv_concat3
up3_to_2	4	2	1/1		8	4	pr3
conv_concat2	3	1	193/64		4	4	conv2_2+deconv2+up3_to_2
pr2	3	1	64/1		4	4	conv_concat2
deconv1	4	2	64/32		4	2	conv_concat2
up2_to_1	4	2	1/1		4	2	pr2
conv_concat1	3	1	97/32		2	2	conv1_2+deconv1+up2_to_1
pr1	3	1	32/1		2	2	conv_concat1
deconv0	4	2	32/32		2	1	conv_concat1
up1_to_0	4	2	1/1		2	1	pr1
conv_concat0	3	1	39/32		1	1	input+deconv0+up1_to_0
pr	3	1	32/1		1	1	conv_concat0

Вихід мережі – це вихід з шару pr. Зменшувальна частина містить conv1_1 – conv6_2 та Correlation шари. Розширювальна частина містить згорткові шари (pr, conv_concat) та deconvolution шари (deconv, up..to..). Окрім шарів в кінці, ми додали ще декілька шарів на початку.

2. Тренування

2.1 Датасети

Для тренування великої згорткової мережі необхідно датасет з стерео парою та правильною глибиною. Розглянемо основні датасети.

Middlebury dataset [18] містить тільки 23 стерео пари зображень з правильною глибиною. Максимальне значення невідповідності (disparity) є 10, що є малим значенням.

Kitti2015 [16] датасет є вже значно більшим і був відзнятий у реальних дорожніх ситуацій з рухомого автомобіля, одночасно знімаючи зображення з камери та лазерного сканера. Даний датасет містить 200 стерео зображень для тренування та 200 стерео зображень для оцінки онлайн. Розмір зображень 375 x 1240. Максимальне значення невідповідності сягає 60, що є вже практично використовуваним. Недоліком даного датасету є те, що значення глибини в ньому є розрідженими на 50%, для верхньої половини зображення значення глибини відсутні та через рух автомобіля значення глибини можуть бути небагато зміщеними. Але його реалістичність та достатньо невелика кількість сприяла його використанню для тренування мережі.

Syntel [25] датасет отриманий з рендерингу штучних сцен з акцентом на реалістичних ефектах та пропорціях в зображенні. Даний датасет має дві версії: звичайну та фінальну. Фінальна версія має багато ефектів, такі як туман, в той час як звичайна не містить цих ефектів. Syntel датасет – один з найбільших датасетів, в якому доступно більше тисячі зображень для тренування для кожної з версій та в якому присутні малі та великі зміщення. Даний датасет не використовувався для тренування, оскільки персонажі, не зовсім реалістичні.

FlyingChairs [14] датасет – перший датасет з достатньо великою вибіркою (більше 22 тисяч), в якому на певному фоні виставлялися стільці 62 типів. Недоліком даного датасету є однотипність об'єктів на зображенні, тому ми тренували на датасеті FlyingThings3D.

FlyingThings3D [10] – це синтетичний датасет з понад 22 тис. стерео пар для тренування та приблизно 4 тис. для тестування. В ньому на фоні коробок розташовані різні літаючі об'єкти (літаки, машини, дивани). Даний датасет має переваги: великий та має різні типи об'єктів. Тому спочатку ми тренували на ньому.

Пізніше ми звернули увагу на ще два датасети: Monkaa та Driving. Monkaa датасет має фон з різних пір року та незвичайні кольори. Також оскільки ми збиралися відправляти результати визначання глибини на Kitti веб-сторінку [1], то для того, щоб мережа навчилася розпізнавати дорожні ситуації, ми

взяли для тренування також датасет Driving. Даний датасет складався з 4 тисяч стерео зображень.

Всі три датасети (FlyingThings3D, Monkaa, Driving) ми об'єднали в один і назвали Синтетичний датасет, з кількістю стерео пар понад 36 тисяч. Даного обсягу достатньо для тренування глибокої згорткової мережі, щоб не було overfitting під час тренування.

2.2 Метрика

Для оцінки навчання нейронної мережі на вищенаведених датасетах, використовувалися наступні дві метрики:

- 1) Три пікселі помилки (3 PE).

Дана метрика була взята, оскільки вона використовується для оцінки результатів на Kitti [1] в категорії Stereo 2015 та Stereo 2012. Дана метрика використовувалася для оцінки отриманих результатів. (Також додатково до даної метрики використовувалася умова з Kitti вебсайту – відносна помилка). Піксель вважається помилково порашованим, якщо одночасно виконуються дві умови: $|d_{gt} - d_{est}| > 3$ та $\frac{|d_{gt} - d_{est}|}{d_{gt}} > 0.05$.

$$|d_{gt} - d_{est}| > 3 \text{ та } \frac{|d_{gt} - d_{est}|}{d_{gt}} > 0.05.$$

- 2) MAE – середнє значення модуля різниць.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_{gt} - d_{est}|$$

Дана метрика використовувалася під час навчання нейронної мережі.

2.3 Параметри тренування

Архітектура нашої мережі була розроблена на фреймворку Caffe [15]. В якості оптимізатора використовувалася Adam [11] з параметрами та .

Кількість зображень для тренування (batch size) був 4. Також під час тренування застосовувався метод multistep, з кроком в 70 тис. ітерацій. Початковий learning rate значення було встановлено в 10^{-4} , зменшувався вдвічі до 10^{-6} .

Для того щоб не було overfitting, під час тренування застосовувалась data augmentation, а саме поворот, обрізання, масштабування зображення, та зміна кольору (контрастність, гамма фактор зображення і освітленість).

3. Результати

Результати тренування DispNetEqual наведено в таблиці 2.

Як бачимо з таблиці 2, наша мережа переважає архітектуру DispnetCorr1D: на Synthetic датасеті: на 1.83% з 3PE та на Kitti2015 датасеті: на 0.66% з 3PE.

Також наша архітектура має більший час рахування невідповідності, оскільки в кінці було додані шари. Час рахування невідповідності збільшився на 8 мс.

Також результат нашої архітектури були подані на KITTI змагання.

Таблиця 2.

Результати тренування

Датасет	Частина	DispNetCorr1D		DispNetEqual	
		MAE	3PE	MAE	3PE
Synthetic	train	1.48	9.76	1.23	8.28
	test	1.73	11.08	1.56	9.25
Kitti 2015	train	0.47	3.41	0.34	3.19
	test	0.65	4.41	0.57	3.75
Час(мс)	-	60		68	

Наша архітектура показала результат кращий на 0.55%, ніж оригінальна архітектура DispNetCorr1D. Наш результат на KITTI становить 3.79% D1-all помилка.

Порівняння DispnetCorr1D з DispnetEqual наведено в таблиці 3.

На зображеннях помилок: наявність червоного кольору означає помилку.

Як бачимо, результат DispnetEqual має кращу невідповідність на задньому фоні зображення за DispnetCorr1D.


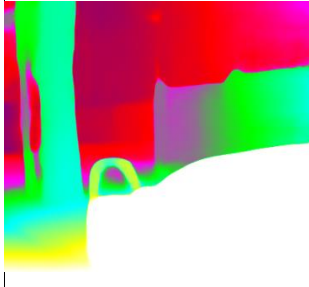
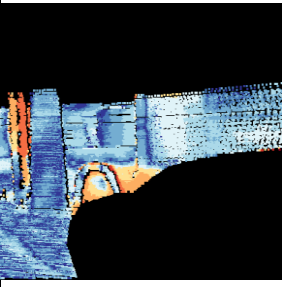
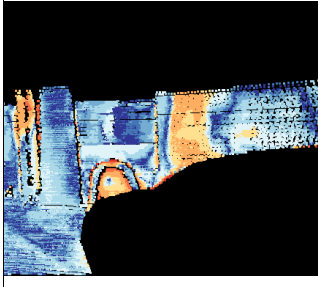
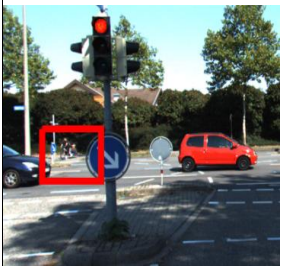
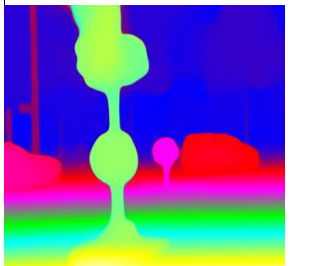
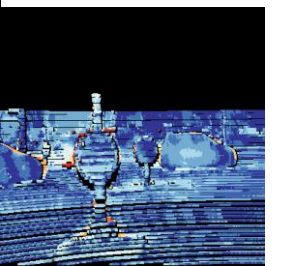
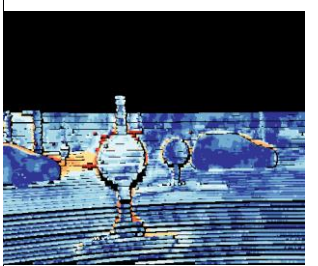

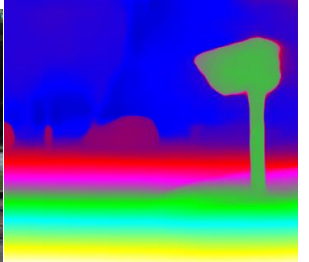
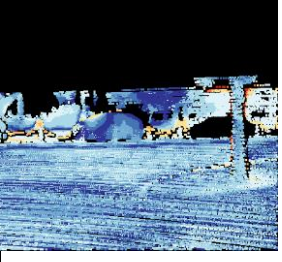
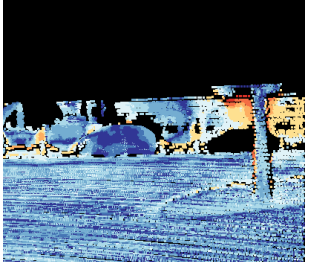
При експерименті з більшою кількістю шарів у кінці, коли зображення на початку збільшується вдвічі і в кінці зменшується за допомогою інтерполяції до вихідного розміру, було помічено, що час

роботи мережі значно збільшувався, оскільки згорткові шари дуже чутливі до вхідного розміру, тому час рахування невідповідності збільшувався майже вдвічі. Через обмежений час використання GPU ресурсів, дану мережу не тренували.

При спробі додати ще один шар у глибину (всередину архітектури енкдер-декодер) було помічено, що результат змінюється мало, оскільки на найнижчому рівні зображення буде зменшено аж в 128 раз, за кожним розміром.

Оскільки ми спочатку тренували на Synthetic датасеті, де зображення розміру 540x960, то при такому зменшенні, на нижньому рівні буде дуже мала карта ознак.

Таблиця 3. Графічне порівняння DispnetCorr1D з DispnetEqual

			
			
			
Ліве зображення	DispnetEqual невідповідність	Помилка DispnetEqual	Помилка DispnetCorr1D

Висновки з даного дослідження та перспективи

Використання згорткових нейронних мереж досягли визначних результатів в області комп'ютерного зору, а саме у визначенні глибини карти зі стерео пари. Але визначення глибини і досі потребує покращення. Ми запропонували використовувати згорткову нейронну мережу за типом архітектури енкодер-декодер, DispnetEqual. Дана мережа має додаткові шари, які збільшують невідповідність до вихідного розміру. Наші експерименти показали, що використання додаткових шарів дозволяє значно покращити точність глибини, при цьому час отримання глибини становить 68 мс, на відміну від інших швидких архітектур. Дана архітектура показала гарні результати на Kitti онлайн змаганні.

В майбутніх дослідженнях покращення карти глибини буде здійснюватися за допомогою Байєсівських методів для знаходження апостеріорного розподілу, що підвищить ефективність оцінки карти глибини.

Джерела

- [1] A. Geiger. Are we ready for autonomous driving? the kitti vision benchmark suite. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 3354-3361, 2012.
- [2] W. Luo, A. G. Schwing, and R. Urtasun. Efficient deep learning for stereo matching. In Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 5695-5703, 2016.
- [3] J. Sun, N.-N. Zheng, and H.-Y. Shum. Stereo matching using belief propagation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 25(7):787-800, 2003.
- [4] K. Schmid, T. Tomic, F. Ruess, H. Hirschmüller, and M. Suppa. Stereo vision based indoor/outdoor navigation for flying robots. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 3955-3962, 2013.
- [5] D. Scharstein, H. Hirschmüller, Y. Kitajima, G. Krathwohl, N. Nei, X. Wang, and P. Westling. High-resolution stereo datasets with subpixel-accurate ground truth. In German Conference on Pattern Recognition, pages 3142, 2014.

- [6] X. Han, T. Leung, Y. Jia, R. Sukthankar, and A. C. Berg. Matchnet: Unifying feature and metric learning for patch-based matching. In Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 3279–3286, 2015.
- [7] Y. Kuznetsov, J. Stückler, and B. Leibe. Semi-supervised deep learning for monocular depth map prediction. In Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 6647–6655, 2017.
- [8] Y. Zhong, Y. Dai, and H. Li. Self-supervised learning for stereo matching with self-improving ability. CoRR, abs/1709.00930, 2017.
- [9] A. Kendall, H. Martirosyan, S. Dasgupta, P. Henry, R. Kennedy, A. Bachrach, and A. Bry. End-to-end learning of geometry and context for deep stereo regression. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.
- [10] N. Mayer, E. Ilg, P. Hausser, P. Fischer, D. Cremers, A. Dosovitskiy, and T. Brox. A large dataset to train convolutional networks for disparity, optical flow, and scene flow estimation. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 40404048, 2016.
- [11] D. P. Kingma and J. Ba. Adam: A method for stochastic optimization. ArXiv preprint arXiv:1412.6980, 2014.
- [12] H. Park and K. M. Lee. Look wider to match image patches with convolutional neural networks. IEEE Signal Processing Letters, PP(99):11, 2017.
- [13] S. Sivaraman and M. M. Trivedi. A review of recent developments in vision-based vehicle detection. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pages 310315, 2013.
- [14] A. Dosovitskiy, P. Fischer, E. Ilg, P. Hausser, C. Hazirbas, V. Golkov, P. van der Smagt, D. Cremers, and T. Brox. FlowNet: Learning optical flow with convolutional networks. In Proc. of the IEEE International Conference on Computer Vision, pages 2758–2766, 2015.
- [15] Y. Jia, E. Shelhamer, J. Donahue, S. Karayev, J. Long, R. Girshick, S. Guadarrama, and T. Darrell. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding. ArXiv preprint arXiv:1408.5093, 2014.
- [16] M. Menze and A. Geiger. Object scene flow for autonomous vehicles. In Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2015.
- [17] D. Scharstein and R. Szeliski. High-accuracy stereo depth maps using structured light. In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 195202, 2003.
- [18] D. Scharstein and R. Szeliski. High-accuracy stereo depth maps using structured light. In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2003), volume 1, pages 195-202, Madison, WI, June 2003.
- [19] D. Scharstein and C. Pal. Learning conditional random fields for stereo. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 18, 2007.
- [20] H. Hirschmüller and D. Scharstein. Evaluation of cost functions for stereo matching. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 18, 2007.
- [21] H. Hirschmüller. Stereo processing by semi-global matching and mutual information. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 30(2):328–341, 2008.
- [22] E. Ilg, N. Mayer, T. Saikia, M. Keuper, A. Dosovitskiy, and T. Brox. FlowNet 2.0: Evolution of optical flow estimation with deep networks. In Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 2462–2470, 2017.
- [23] J. Zbontar and Y. LeCun. Stereo matching by training a convolutional neural network to compare image patches. Journal of Machine Learning Research, 17(1-32):2, 2016.
- [24] C. Godard, O. Mac Aodha, and G. J. Brostow. Unsupervised monocular depth estimation with left-right consistency. In Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 279–270, 2016.
- [25] D. J. Butler, J. Wulff, G. B. Stanley, and M. J. Black. A naturalistic open source movie for optical flow evaluation. In ECCV, 2012.
- [26] A. Shaked and L. Wolf. Improved stereo matching with constant highway networks and reflective confidence learning. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.
- [27] N. Zenati and N. Zerhouni. Dense stereo matching with application to augmented reality. In IEEE International Conference on Signal Processing and Communications, pages 15031506, 2008.

Martynova V.A.

Ufa State Petroleum Technological University

Idrisova K.R.

Ufa State Petroleum Technological University, assistant professor Ufa

Egorov D.V.

Gazprom transgaz Ufa Ltd, Lead Engineer Ufa

THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE LEVEL OF SAFETY CULTURE IN THE ORGANIZATION

Summary: The main causes of accidents at work and the theory of their occurrence are considered. The dependence of industrial traumatism on insufficient financing of measures to improve labor conditions and safety is shown. The main provisions of the state policy in the field of labor protection are given. The need to take into

account the "human factor" is shown to achieve a high level of safety culture. The main guidelines of the personnel for its motivation for safe behavior have been revealed.

Keywords: safety culture, staff motivation, labor protection, occupational injuries, human factor.

To date, the Russian Federation has the following pattern of typical production: low wages of workers, obsolete or worn out equipment, regular accidents at work (according to the Ministry of Labor of the Russian Federation for 9 months of 2017, the number of accidents at work with severe consequences - group, with heavy and fatal, was 3556 cases) [12]. Often enterprise managers do not make any attempts to introduce a safety culture, because they do not believe in the success of such initiatives beforehand.

However, many investors and banks assess companies precisely in terms of compliance with their health, safety and environmental requirements (Health, Safety and Environment, HSE) [17]. Companies with low rates of injury have an advantage over companies in which this indicator exceeds the average, since the likelihood of injury affects future reputational risks, as well as the possibility of litigation costs. [1]

According to the pyramid of events of Frank Byrd on three thousand micro-traumas one accident with a fatal outcome is necessary [1]. In order to reduce the likelihood of major accidents, systematic prevention of minor disturbances is necessary.

V.H. Heinrich, the creator of the so-called domino theory, believed that the majority of accidents were due to incorrect actions by the staff - 88%, 10% of accidents at work were caused by unreliable equipment, and the remaining 2% - "force majeure" [3]. According to this theory, the sequence of the five factors, each of which triggers the subsequent one, is the cause of the accident. The sequence of the above factors is as follows:

- 1) the origin and social conditions;
- 2) worker error;
- 3) incorrect actions in combination with mechanical and physical hazards;
- 4) an accident;
- 5) damage and injury.

Similar to a number of knuckles in dominoes, preventing the action of one of the factors can stop the entire sequence [5].

Unlike the "domino" principle, the theory of the multiplicity of causes (which is the development of this principle) asserts that one work accident can have many causes of different significance, which in a certain combination lead to its occurrence [7]. According to this theory, the main factors contributing to the occurrence of accidents at work are behavioral and related to the environment [18]. The category of behavioral factors includes factors related to the employee, such as wrong actions, lack of knowledge or skills, as well as abnormal physical and mental state. Another category of factors related to the environment includes improper protection of items of equipment that present potential hazards, as well as destruction of equipment as a result of wear and tear or erroneous actions by personnel [8].

For any enterprise, profit is the main goal, and to achieve it, it is necessary to increase the quantity and quality of products [11]. In most cases, the economic costs of non-production needs, such as improving

safety and working conditions, are undesirable, which significantly reduces the competitiveness of the enterprise and causes a high level of industrial injuries, including fatalities, and also increases the number of jobs with harmful working conditions [16].

Priority direction of the state policy in the field of labor protection is the preservation of life and health of workers. In accordance with Art. 212 of the Labor Code of the Russian Federation to achieve these principles, the employer is responsible for ensuring safe working conditions and safety. In order to fulfill the above duties, an OSH management system must be established in the organization, which is also provided by the employer [13].

Order No. 438n of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation of 19.08.2016 approved the Model Regulations on the Occupational Safety Management System (hereinafter - the Regulations). In accordance with the Regulations, the organization must develop a Policy on Occupational Safety (hereinafter - Policy), which is a public documented declaration of the employer about the intention and guaranteed performance of its duties to comply with state regulatory requirements for labor protection and voluntarily assumed obligations [10]. The Policy establishes obligations for the implementation of consistent and continuous measures to prevent accidents and incidents of deterioration in the health of workers, occupational injuries and occupational diseases, including through the management of occupational hazards, as well as to continuously improve and improve the effectiveness of OSH [9]. To fulfill the above obligations, the employer annually implements measures to improve labor conditions and safety and reduce occupational risk levels, developed in accordance with the order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated 01.03.2012 No. 181n. According to Art. 226 of the Labor Code of the Russian Federation, the activities mentioned above are financed by the employer in the amount of at least 0.2% of the cost of production (services, works).

Despite this, the practice shows that the employer, who is responsible for safe conditions and labor protection in the enterprise, is not motivated to fulfill this line of duty, and, being the manager of finance, often does not find it necessary to allocate them for labor protection [14].

Such a situation can not but affect the tendency of an increase in the number of jobs with harmful and (or) dangerous working conditions, which in turn causes an increase in occupational injuries, occupational diseases, economic expenses and a fund of working time [2].

Unsatisfactory working conditions entail economic losses, which include:

- the costs of compensation and benefits, collective and individual protection of workers engaged in work with harmful and (or) dangerous working conditions;

- Expenses of the Pension Fund of the Russian Federation for the payment of early pensions for work in harmful and (or) dangerous working conditions;
 - costs due to losses of the working time fund due to unfavorable working conditions and injuries.
 The increase in the number of working in harmful and (or) dangerous working conditions observed in

Russia in recent years has ceased since 2014 [4]. The change in the situation is connected with the entry into force on 01.01.2014 of the federal law of December 28, 2013 № 426-FZ "On special assessment of working conditions" (Table 1).

Table 1

The proportion of employees employed in work with harmful and (or) hazardous working conditions

Year	2012	2013	2014	2015	2016
Indicator,%	29,1	29,3	37,05	36,87	35,93

In 2016, the highest proportion of workers working in harmful conditions was observed in organizations engaged in the extraction of minerals - the average for Russia is 55.6%. In the Siberian Federal District, it was 69.9%. The highest indicator for Russia is 94.7% in the Bryansk region [12]. The high indicator is explained by the large number of peat deposits, the extraction of which is characterized by unsatisfactory working conditions in the workplace.

According to the data of the Social Insurance Fund of the Russian Federation in 2016, for the first time, 6209 people were diagnosed with occupational disease, which, as compared to 2015, decreased by 12.1% and increased by 7.2% compared to 2013.

The experience of Russian and foreign specialists has shown that by measures of application of only tech-

nical security systems and methods of declarative management style of an organization it is difficult to achieve a high level of safety in production. To achieve this, it is necessary to take into account the influence of the so-called human factor [15]. The correct attitude of the staff to their own safety and the safety of others, as well as motivation for the safe performance of the work will increase the safety culture in the whole production and significantly reduce the rates of occupational injuries and occupational diseases [6].

The formation of a safety culture takes place at two basic levels - organizational and individual (worker), by forming its main components: security values, norms of safe behavior and basic concepts that realize values and norms.

Table 2

Worker Safety Culture

Organizational culture	Individual culture (worker safety culture)
Values	Motivation for Safe Behavior
Standards	Standards Security Skills
Basic views	Basic representations of the notion of worker safety, environment security, safe situation

To form a worker's safety culture, two main areas are distinguished (Table 2):

- the implementation of the values of security at the individual level by creating a motivation for safe conduct;

- Implementing safety standards at the individual level by developing safe behavior skills.

Proceeding from the foregoing, it can be concluded that the worker's safety culture consists of:

- 1) the ability of the employee and his desire to ensure his own safety and safety of others;
- 2) personal responsibility for this security.

To motivate staff to safe behavior, various motivational characteristics, such as employee orientation to safety, labor and communication orientations, are influenced [8]. It is worth noting that the relationship of employee orientation to safety and other motivational characteristics is traced in the actions of workers. In employees this orientation is not associated with any of the above characteristics [2].

Labor orientation includes:

- a sense of duty and moral responsibility in relation to work;
- Occupation by work;

- attitude to work as a means for self-improvement.

Communicative orientations include:

- striving for a favorable position in the team;
- the desire for recognition, high evaluation by authoritative people;
- interest in positive communication with colleagues;
- the desire to render disinterested help to colleagues.

For effective functioning of the personnel motivation system, it is necessary to take into account the motivational characteristics mentioned above.

In the largest Russian companies, the first steps have been taken to introduce a system of motivating staff for safe behavior and measures are being taken to ensure its successful functioning. What to say about the average and small business?]

To change the situation and improve working conditions for workers, prevent occupational injuries and occupational diseases, systematic work is required to study foreign experience and introduce best practices for domestic production. On the part of the state, the first steps have been taken to encourage the employer

to exclude harmful and (or) dangerous production factors or reduce their negative impact on workers through the use of effective personal protective equipment by adopting the federal law "On a special assessment of working conditions." The next step is the widespread introduction of personnel motivation systems for safe work. It is at the expense of the effectiveness of these measures, and not the concealment of accidents, that the main goal - "zero traumatism" - is possible.

References

- 1 Golovkina A.A. Causal analysis of occupational traumatism in the content of professional training of oil and gas industry specialists. [Electronic resource] // Vestnik SUSU, 2011 № 13 - Scientific electronic library "Kiberleninka", 2018. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/prichinno-sledstvennyy-analiz-proizvodstvennogo-travmatizma-v-soderzhanii-professionalnoy-podgotovki-spetsialistov-neftegazovogo>.
- 2 Grachev AA Organizational approach to the formation of a worker's safety culture. [Electronic resource] // Knowledge. Understanding. Уме - ние, 2014 № 1 - Scientific electronic library "Kiberleninka", 2018. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionnyy-podhod-k-formirovaniyu-kultury-bezopasnosti-rabotnika>.
- 3 Efimova E.I. Culture of safe work as a means of increasing the effectiveness of the OSH management system in the construction industry. [Electronic resource] // Internet journal "Naukovedenie", 2013 № 1 - М.: Наука, 2013. - Access mode: <http://naukovedenie.ru/PDF/03tvn113.pdf>.
- 4 Efimova E.I. Parameters of influence and assessment of the formation of a safe work culture. [Electronic resource] // Internet-journal "Naukovedenie", 2015 No. 4 - Scientific electronic library "Kiberleninka", 2018. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-vliyaniya-i-otsenki-sformirovannosti-kultury-bezopasnogo-truda>.
- 5 Efimova N.S. Actual aspects of professional security formation. [Electronic resource] // Bulletin of Kostroma State University, 2013 No. 3- Scientific electronic library "Kiberleninka", 2018. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-aspekty-formirovaniya-professionalnoy-bezopasnosti>.
- 6 Efimova N.S. Fundamentals of psychological security. - Moscow: ID. Forum: INFRA-M, 2010. - 192 p.
- 7 Efimova N.S. Psychological analysis of the "human factor" in emergency situations at industrial enterprises // Modern approaches and ways to ensure security. - М.: RHTU them. DI. Mendeleyev, 2011. - Т. 1. - S. 184-201.
- 8 Matvienko VA, Kostina TM, Tumanova T.A. Management of employees' internal motivation for safe work and compliance with labor protection requirements. [Electronic resource] // Bulletin of the Scientific Center for the Safety of Work in the Coal Industry, 2015 No. 2- Scientific electronic library "Kiberleninka", 2018. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-vnutrenney-motivatsiy-rabotnikov-na-bezopasnyy-trud-i-vypolnenie-trebovaniy-ohrany-truda>.
- 9 On the special assessment of working conditions: Feder. Law of 28.12.2013 № 426-FZ // Collected Works. legislation of the Russian Federation. - 2014. - No. 26. - Art. 3366.
- 10 On the approval of the Model Provisions on the management system of labor protection [Electronic resource]: the order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation of August 19, 2016 No. 438n // Official Internet portal of legal information, 2018. - Access mode: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/00012016170013>
- 11 Tregubova R.T. Motivation and labor incentives as a method of managing behavior within an organization. / Tregubova R.T. // WORLD (Modernization, Innovation, Development). - 2012. - No. 9. - P. 89-91.
- 12 Work and employment in Russia. 2017: Stat. Sat / Rosstat - M., 2017. - 261 p.
- 13 The Labor Code of the Russian Federation (Part 10): Offic. text (with changes and additional from 05.02.2018) // Collected works. legislation of the Russian Federation. - 2002. - No. 1. - Art. 3 (Part I).
- 14 Fedina EV, Pushenko S.L. Culture of labor safety in construction as a new concept. [Electronic resource] // "Engineering Herald of the Don", 2013 No. 4 - Access mode: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2073>.
- 15 Khairullina LI, Gasilov VS Culture of labor protection as an element of enterprise management. [Electronic resource] // "Fundamental research", 2012 No. 11 - Access mode: http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=9999809.
- 16 Shchennikov NI, Kuragina TI, Pachurin G.V. Psychological aspect in the analysis of occupational traumatism and its prevention. [Electronic resource] // Modern problems of science and education, 2009 № 4 - Access mode: <https://www.science-education.ru/en/article/view?id=1222>.
- 17 Kozlova A., Fedosov V., Abdrakhmanov N. The place of measurement uncertainty in the analysis of industrial safety state. [Electronic resource] // Norwegian Journal of Development of the International Science, 2018 No. 15 VOL.1, pp. 58 - 61.
- 18 Fedosov AV, Khamitova AN, Abdrakhmanova KN, Abdrakhmanov N.Kh. Assessment of the Human Factor Influence on the Accident Initiation in the Oil and Gas Industry. // Territory of oil and gas № 1-2, February 2018, - P. 14 - 20.

Shymanskyi M.O.*Master of Department of Technical Cybernetics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Kornaga Y.I.***Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Cybernetics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Barabash A.O.***Bachelor of Department of Technical Cybernetics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Шиманський М.О.***Magіstr, Факультет інформатики та обчислюваної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Корнага Я. І.***кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної кібернетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Барабаш А.О.***Magіstr, Факультет інформатики та обчислюваної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

SYSTEM FOR TEXT LOCALIZATION ON IMAGES USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

СИСТЕМА ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТЕКСТУ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОНВОЛЮЦІЙНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Summary: Text processing on images is one of the greatest challenges for computer vision systems. Text localization is a major problem that must be solved for this task. Recent accomplishments in the field of artificial intelligence presented effective solutions for similar tasks in general object detection. Different configurations of convolutional neural networks presented themselves quite suitable for this kind of task. Such networks can be modified and optimized for usage in text localization task.

Key words: text localization, image processing, computer vision, neural networks, artificial intelligence.

Анотація: Обробка тексту на зображеннях є одним із найскладніших задач систем машинного зору. Локалізація тексту на зображенні є вагомим підзадачею, яка постає при вирішенні такого роду завдань. Нещодавні досягнення в області штучного інтелекту представили ефективні рішення для схожих задач загального пошуку об'єктів на зображенні. Різні конфігурації конволюційних нейронних мереж показали себе достатньо придатними для таких задач. Подібні нейромережі можуть бути модифіковані та оптимізовані для вирішення задачі локалізації тексту на зображенні.

Ключові слова: локалізація тексту, обробка зображень, машинний зір, нейронні мережі, штучний інтелект.

Постановка проблеми

Текст є дуже поширеним візуальним об'єктом, який може зустрічатись на цифровому зображенні. Текст може зустрічатись на вивісках, дорожніх знаках, рекламних щитах і т.п. Розпізнавання тексту на зображенні може мати багато корисних застосувань: від збереження в цифровій формі нотаток зроблених від руки та перекладу тексту на зображенні з іноземної мови до геолокації на основі зображення. Не дивлячись на схожість із традиційним оптичним розпізнаванням символів, розпізнавання тексту на повсякденному зображенні ставить ряд нових проблем, які потребують вирішення. Текст на зображенні у повсякденному житті може мати різний колір та розмір шрифту, він може бути рукописним, що само собою означає, що написання може бути дуже варіативним по своїй формі. Колір фону та освітлення також будуть відрізнятись від зображення до зображення. Через невід'ємні складності традиційні методи розпізнавання тексту включають в себе багато кроків, на яких відбувається попереднє опрацювання картини для виділення текстових кандидатів. Кожен такий метод за-

звичай потребує значних зусиль для того, щоб правильно налаштувати параметри та сформувані евристичні правила для кожного конкретного випадку, але не дає універсального рішення для різнорідних зображень. Багатошарові нейронні мережі показали себе ефективнішими у вирішенні такого роду задач, оскільки вони спеціально створені для пошуку закономірностей у множині різних можливих вхідних даних для надання якомога точнішого результату.

У даній роботі увага буде приділена вирішенню задачі пошуку текстових областей на зображенні за допомогою конволюційних нейронних мереж. Пропонується пошук тексту на зображенні шляхом прямого передбачення прямокутних областей, що містять текст, за допомогою детектору на основі згорткової нейронної мережі. Цей детектор напряму видає координати текстових областей на декількох шарах мережі шляхом об'єднаного передбачення наявності тексту і зміщення координат відносно стандартних прямокутних областей. Фінальним виходом є об'єднання всіх прямокутників, яке супроводжується стандартним процесом поп-

maximum suppression. Для вирішення проблеми різноманітності відношення висоти і ширини у словах пропонується декілька вихідних шарів нейромережі, які використовують одночасно різні ядра згортки та стандартні прямокутники. Цей детектор надає високу ефективність роботи всього за один прохід на зображенні, без потреби у його багаторазовому масштабуванні. У даній роботі буде представлено модель конволюційної нейронної мережі для локалізації тексту на зображенні, у результатах дослідження будуть представлені статистика якості розпізнавання.

Дослідження науковців у галузі обробки тексту на зображенні

Очевидно, що завдання розпізнавання тексту на зображеннях можна поділити на дві задачі: локалізація тексту та безпосереднє розпізнавання тексту у виділених областях. Перше завдання полягає у виділенні тексту на зображенні, зазвичай у вигляді прямокутників, які описують слова або текстові рядки. Друга задача полягає у перетворенні виділених текстових областей зображення на символні послідовності, які комп'ютер зможе інтерпретувати як текст. В залежності від вид об'єктів, які розпізнаються існуючі методи локалізації тексту можна поділити на три категорії:

1) Посимвольна локалізація: окремі символи знаходяться, після чого вже групуються в слова [1, 2, 3, 4]. Наприклад у [1] автори знаходять символи за допомогою класифікації екстремальних регіонів. Після цього знайдені літери групуються повним перебором.

2) Локалізація по словам: слова напряму знаходяться схожим методом звичайного пошуку об'єктів [5, 6, 7]. У [5] пропонується рішення на основі регіонально-конволюційної нейромережі. Спочатку за допомогою неспеціалізованого генератора формуються регіони-кандидати, які можуть містити слова. Потім кандидати обробляються класифікатором на основі алгоритму випадкового лісу [8]. Останнім кроком є застосування конволюційної нейронної мережі для регресії прямокутників, що описують області, які містять слова.

3) Локалізація по текстовим рядкам: Спочатку знаходяться цілі рядки тексту, які вже потім розбиваються на окремі слова. Прикладом може служити робота [9], в якій пропонується детекція рядків тексту, використовуючи їх симетричні характеристики. В подальшому у [6] текст локалізується за допомогою повністю конволюційних нейромереж.

На даний момент у галузі розпізнавання образів немає універсального якісного рішення, яке б дозволяло ефективно розпізнавати текст на повсякденному цифровому зображенні. Значною частиною цієї проблеми є проблема локалізації тексту, оскільки він дуже легко бути переплутаний системами машинного зору із фоном та іншими класами об'єктів.

Мета дослідження: створення системи локалізації тексту, яка здатна ефективно виділяти на зображенні текстові області.

Метод, представлений у даній роботі підпадає під категорію локалізації по словам. На відміну від підходу у [5], де поєднуються три кроки пошуку, кожен з яких включає в себе більше одного алгоритму, запропонований детектор представляє собою набагато простіший процес: необхідне тренування лише однієї мережі. За основу мережі взято SSD[10] – нещодавня розробка у галузі локалізації об'єктів на зображеннях, яка, на жаль, не цілком підходить для локалізації слів, які можуть мати дуже специфічні співвідношення розмірів. Для вирішення даного завдання у детекторі тексту пропонується шар текстових блоків, що значно підвищує якість роботи системи.

Архітектура нейромережі

Архітектура нейромережі зображена на рис. 1. Вона включає в себе відому архітектуру нейромережі-класифікатора VGG-16 [11]. Тут збережені шари від конволюційного 11 до конволюційного 4_3. Останні два повнозв'язні шари VGG-16 перетворені в конволюційні шляхом відфільтрування параметрів [10]. За ними йдуть декілька додаткових шарів згортки та пулінгу, а саме шари від конволюційного 6 до пулінгового 11. Декілька вихідних шарів, які можна назвати шарами текстових блоків, вставляються після останнього, а також декількох проміжних конволюційних шарів. Їх виходи збираються в один масив та піддаються процесу *maximum suppression*. Вихідні шари також є конволюційними. Загалом дана мережа складається лише з шарів згортки та пулінгу, тому є повністю згортовою нейронною мережею. Відсутність повнозв'язних шарів сприятливо впливає на швидкість роботи і, що не менш важливо, тренування нейронної мережі. Вхідні зображення мають бути перетворені таким чином, щоб їх розміри співпадали із входами нейронної мережі.

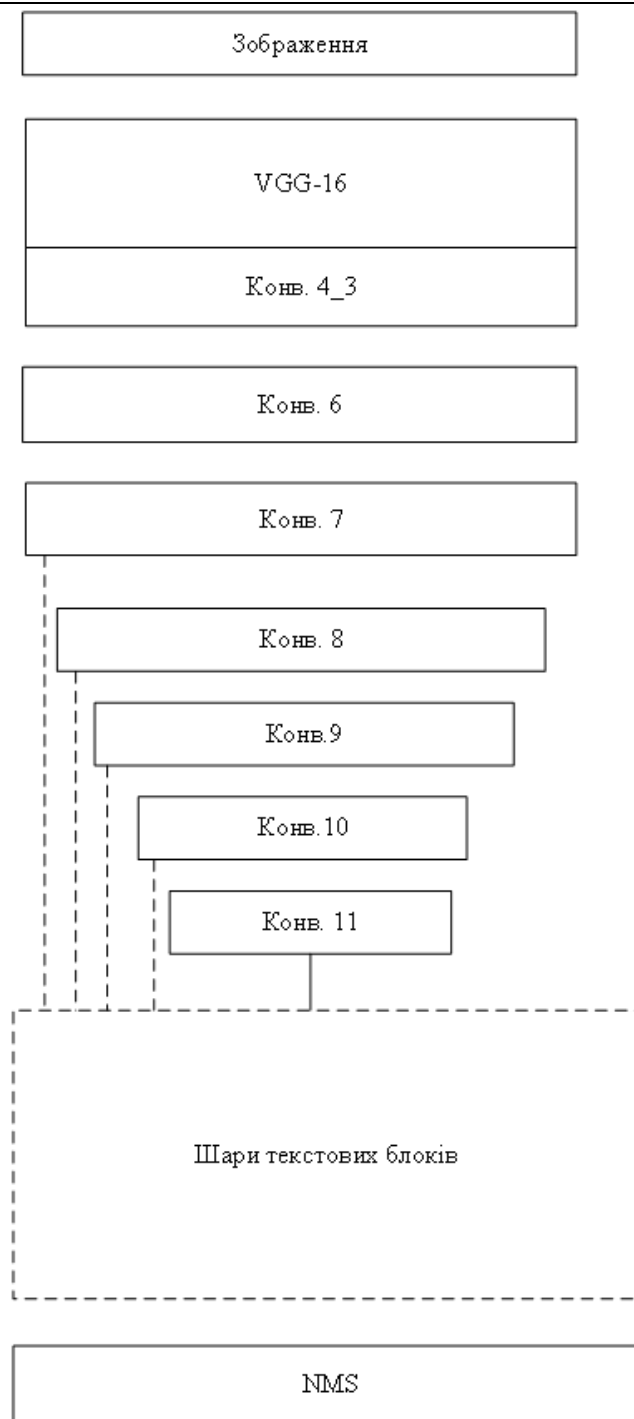


Рис. 1 Архітектура нейромережі. Штрихованими лініями позначено використання у шарах текстових блоків ядра згортки розміром 1×5 , а суцільною – 1×1

Шари текстових блоків є ключовим елементом детектору. Шар текстових блоків одночасно визначає присутність тексту і його розташування, в залежності від вхідних даних. У якості входів подається матриця якісних характеристик, розрахованих на попередніх шарах нейромережі. Для кожної точки вхідної матриці шар текстових блоків розраховує класифікаційну оцінку та зміщення відно відповідного стандартного прямокутника. Припустимо, що розміри оригінального зображення та матриці характеристик є (w_3, h_3) та (w_m, h_m) відповідно. У точці матриці (i, j) , яка асоціюється зі стандартним прямокутником $b = (x_0, y_0, w, h)$, шар текстових

блоків в результаті обробки видає вектор значень $(\Delta x, \Delta y, \Delta w, \Delta h, c)$, який вказує на те, що прямокутник $b = (x, y, w, h)$ містить текст із впевненістю c , де

$$\begin{aligned} x &= x_0 + w_0 \Delta x, \\ y &= y_0 + h_0 \Delta y, \\ w &= w_0 \exp(\Delta w), \\ h &= h_0 \exp(\Delta h). \end{aligned}$$

Під час тренування, розмічені прямокутники порівнюються зі стандартними за алгоритмом, представленим у [10]. Кожна точка на матриці характеристик ставиться у відповідність стандартним

блокам різного розміру. Таким чином вони розділяють слова за різними співвідношеннями розмірів, дозволяючи локалізатору зачувати коефіцієнти регресії та класифікації, спрямовані на обробку слів схожого розміру. Отже, розміри стандартних прямокутників спеціалізовані під конкретні задачі.

Слова на зображеннях можуть мати велике співвідношення ширини та висоти. Тому, до стан-

дартних блоків були включені продовгуваті прямокутники. Конкретніше, було сформовано 6 стандартних прямокутників зі співвідношенням ширини і висоти 1, 2, 3, 5, 7 і 10. Для того, щоб прямокутники могли покривати більшу область, кожен з них продубльований зі зміщенням по вертикалі. Приклад взаємного розміщення стандартних прямокутників 3 × 3 та 1 × 5 зображено на рис. 2.

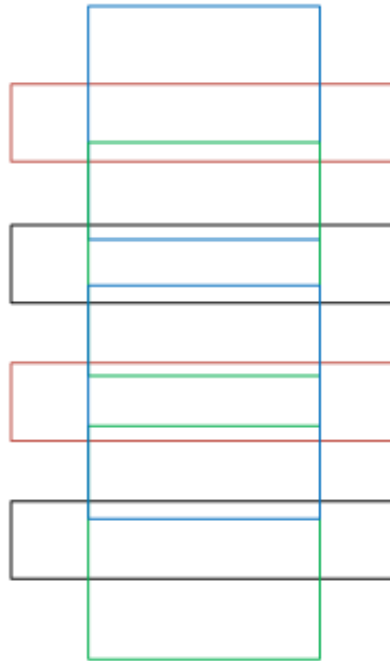


Рис. 2 Взаємне розміщення стандартних прямокутників

Шари текстових блоків використовують конволюційні фільтри 1 × 5 замість стандартних 3 × 3. Такий вид фільтрів, використаний у [12], створює прямокутне рецептивне поле, яке краще підходить продовгуватим словам і уникає шумів, які були б створені квадратним рецептивним полем.

Для тренування нейронної мережі необхідно сформувати придатну функцію штрафів за якою будуть обчислюватись значення різниці між отриманим та очікуваним результатом. Нехай X – матриця співпадінь, c – значення впевненості, l – місцезнаходження текстового блоку за версією нейронної мережі і g – точне місцезнаходження блоку відоме для тренувальних даних. Якщо $X_{ij} = 1$, то стандартний прямокутник з індексом i співпадає із прямокутником у тренувальних даних з індексом j . $X_{ij} = 0$ в іншому випадку. Функція штрафів має такий вигляд:

$$L(X, c, l, g) = \frac{1}{N} (L_{\text{впевн}}(X, c) + \alpha L_{\text{коорд}}(X, l, g)), \text{ де}$$

N – це кількість стандартних прямокутників, які співпадають з тренувальними прямокутниками, а α прийнято за 1. Для $L_{\text{коорд}}$ використана гладка функція L_1 [14], а для $L_{\text{впевн}}$ – функція softmax.

Стабільна локалізація слів з дуже малими або великими розмірами та незвичайними співвідношеннями сторін все одно є проблематичною. Для того щоб додатково підвищити ефективність локалізації, було використано різні масштабовані версії

вхідного зображення. Вхідне зображення перетворюється у п'ять масштабованих версій, які включають такі співвідношення ширини і висоти: 300 × 300, 700 × 700, 300 × 700, 500 × 700 і 1600 × 1600. Варто звернути увагу на те, що деякі версії зображення стиснуті горизонтально, що робить дуже довгі слова коротшими. Таке масштабування зображення дає приріст у точності, але потребує додаткових обчислювальних операцій, що зменшує швидкість роботи системи.

Кожне слово на зображенні може дати на виході нейромережі велику кількість прямокутників з різними розмірами та зміщеннями, що створює проблему оптимального вибору одного кандидата для кожного слова. Подібна проблема зустрічається у багатокласових детекторів об'єктів, таких як YOLO [13]. Стандартним підходом до вирішення такої проблеми є використання алгоритму non-maximum suppression. Використання цього алгоритму виключити з набору вихідних результатів дублікати, що вказують на одну й ту ж саму текстову область.

Експеримент

Для тренування і тестування системи було використано зображення із баз даних ICDAR 2011 та ICDAR 2013. Дані з цих вибірок використовуються у змаганнях з локалізації, сегментації та розпізнавання тексту на зображеннях. Нейронна мережа була натренована на зображеннях розміром 300 ×

300 з використанням градієнтного спуску. Кількість зображень у тренувальній вибірці: 100000. Встановлена швидкість навчання 10^{-4} .

Корегуючи параметри системи можна пожертвувати точністю заради відгуку або навпаки. Тому

кращим параметром для оцінки системи є гармонійне середнє між точністю і відгуком.

Таблиця 1.

Показники якості роботи системи на тестових вибірках		
	ICDAR 2011	ICDAR 2013
P	0,85	0,86
R	0,8	0,81
F	0,82	0,83

У таблиці 1 наведені показники якості роботи нейромережі на тестових вибірках. Якість оцінюється за трьома показниками:

1. Точність (P) – відсоток правильно знайдених текстових блоків з усіх знайдених текстових блоків.

2. Відгук (R) – відношення кількості правильно знайдених текстових блоків до кількості текстових блоків у тестовій вибірці.

3. Гармонійне середнє між точністю і відгуком ($F = 2 \frac{P \cdot R}{P + R}$).

Середня швидкість роботи на ПК з відеокартою Titan X: 1,63 с.

Висновки

Запропонована система дозволяє стабільну локалізацію тексту на цифровому зображенні. В поєднанні з існуючими методами розпізнавання тексту можна отримати повну систему розпізнавання тексту, яка дозволяє виділяти із зображення текст і перетворювати його у формат, придатний для машинної обробки. Система може бути використана як для локалізації друкованого, так і рукописного тексту. Для спрощення задачі розпізнавання до виходів знайдених текстових блоків можна застосовувати класифікатор, який може розділити текст на друкований і рукописний. Оскільки друкований і рукописний текст може значно відрізнятися, такий підхід може підвищити ефективність обробки зображень із різномірним текстом.

Список літератури

1. Neumann, L., and Matas, J. 2012. Real-time scene text localization and recognition. In Proc. CVPR, 3538–3545.
2. Pan, Y.-F.; Hou, X.; and Liu, C.-L. 2011. A hybrid approach to detect and localize texts in natural scene images. IEEE T. Image Proc. 20(3):800–813.

3. Yao, C.; Bai, X.; Liu, W.; Ma, Y.; and Tu, Z. 2012. Detecting texts of arbitrary orientations in natural images. In Proc. CVPR, 1083–1090.

4. Huang, W.; Qiao, Y.; and Tang, X. 2014. Robust scene text detection with convolution neural network induced msr trees. In Proc. ECCV.

5. Jaderberg, M.; Simonyan, K.; Vedaldi, A.; and Zisserman, A. 2016. Reading text in the wild with convolutional neural networks. IJCV 116(1):1–20.

6. Zhong, Z.; Jin, L.; Zhang, S.; and Feng, Z. 2016. Deeptext: A unified framework for text proposal generation and text detection in natural images. CoRR abs/1605.07314.

7. Gomez-Bigorda, L., and Karatzas, D. 2016. Textproposals: a text-specific selective search algorithm for word spotting in the wild. CoRR abs/1604.02619.

8. Breiman, Leo (2001). Random Forests. Machine Learning. с. 5–32. doi:10.1023/A:1010933404324

9. Zhang, Z.; Shen, W.; Yao, C.; and Bai, X. 2015. Symmetrybased text line detection in natural scenes. In Proc. CVPR, 2558–2567.

10. Zhang, Z.; Zhang, C.; Shen, W.; Yao, C.; Liu, W.; and Bai, X. 2016. Multi-oriented text detection with fully convolutional networks. In Proc. CVPR.

11. Simonyan, K., and Zisserman, A. 2014. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. CoRR abs/1409.1556.

12. Szegedy, C.; Liu, W.; Jia, Y.; Sermanet, P.; Reed, S.; Anguelov, D.; Erhan, D.; Vanhoucke, V.; and Rabinovich, A. 2015. Going deeper with convolutions. In Proc. CVPR.

13. Redmon, J. and Farhadi, A. YOLO9000: better, faster, stronger. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2017).

14. Girshick, R. B. 2015. Fast R-CNN. In Proc. ICCV.

Sabinin O.Y.

PhD in Computer Science,

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Shabalina Y.V.

Master of Computer Science student,

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Сабинин Олег Юрьевич

кандидат технических наук,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Шабалина Юлия Владимировна

студент магистратуры,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**METHOD OF AUTOMATIC TEXT SUMMARIZATION OF TEXTS IN RUSSIAN ON THE
BASIS OF NEURAL NETWORKS
МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО АННОТИРОВАНИЯ ТЕКСТОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ НА
ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Summary: The use of computers in human activities, especially scientific, not only speeds up the processes of creating and processing documents, but also increases their number and volume. Today, many users regularly face the need to examine a large amount of information in a short time. The way out of the situation is to read through not the whole text, but its summary. The aim of this work is to develop a new method of automatic text summarization of texts in Russian on the basis of neural networks. The neural network is trained to determine whether the sentence should be included in summary or not.

Key words: text summarization, neural networks, natural language processing, machine learning, automated language processing.

Аннотация:

Применение компьютеров в человеческой деятельности, в том числе и научной, не только ускоряет процессы создания и обработки документов, но и чрезвычайно увеличивает их количество и объем. Сегодня многие пользователи регулярно сталкиваются с необходимостью быстрого просмотра большого количества информации. Выходом из ситуации является просмотр не всего документа, а его сжатого описания – аннотации. Целью данной работы является разработка метода автоматического аннотирования текстов на русском языке на основе аппарата нейронных сетей. Производится обучение нейронной сети на определение ключевых предложений текста на основе вектора свойств предложения.

Ключевые слова: аннотирование текста, нейронные сети, обработка естественного языка, машинное обучение, автоматическая обработка текста.

Постановка проблемы.

Задачи автоматического аннотирования текстов приобретают всё большую актуальность с ростом объёмов и потоков данных, при чём не только для сети Интернет, но и для других хранилищ информации, например, библиотек или баз знаний различных организаций.

Огромное число материалов затрудняет быстрое получение кратких ёмких сводок по текстам, так как формирование аннотаций вручную требует колоссальных человеческих ресурсов, и именно поэтому задача реализации эффективных методов автоматического аннотирования приобретает всё большую важность. Аннотирование текстов помогает выделить ключевые части текста и сократить объёмы просматриваемой информации. Некоторые тексты, например, научные статьи сопровождаются аннотациями, которые выделяют основные идеи работы. Однако, большинство источников не обладают подобным преимуществом, а их заголовки (при наличии), зачастую могут значительно отличаться от содержания, что подводит нас к тому, что инструменты автоматического аннотирования текстов могут значительно упростить и уменьшить количество просматриваемой информации.

Анализ последних исследований и публикаций.

С самого начала активного использования электронно-вычислительных машин первого поколения, то есть с середины пятидесятых годов прошлого века, стали предприниматься попытки решения задач обработки текста на естественном языке. Одной из первых задач по обработке естественно-языковых текстов при помощи ЭВМ стало автоматическое аннотирование.

С тех пор было проведено множество исследований по разработке автоматизированных методов и моделей аннотирования. Решением проблемы занимались такие отечественные исследователи как Н.В. Лукашевич, Р.Г. Пиотровский, П.Г. Осминин, С.А. Тревгода, В.А. Яцко и др. Из зарубежных исследователей стоит обратить внимание на: Н.Р. Luhn, Н.Р. Edmundson, R. Mihalcea, J. Kupiec, E. Lloret, G. Salton и др. В настоящее время можно выделить два основных подхода к автоматическому аннотированию:

– экстракция – извлекающие методы, основанные на извлечении из первичных документов наиболее информативных фрагментов и включении их в аннотацию в порядке следования в тексте;

– абстракция – генерирующие методы, предусматривающие создание нового текста, обобщающего первичные документы [1].

Извлекающие методы работают путём определения наиболее важных фрагментов текста (предложения, абзацы). При этом данные фрагменты не обрабатывают, а извлекают в таком порядке и виде в каком они приведены в тексте. Основные сложности, связанные с данным подходом, заключаются в определении ключевых предложений текста, и затем связи этих предложений в единый, удобочитаемый текст.

Генерирующие методы, напротив, направлены на создание нового материала, явно непредставленного в тексте исходного документа. Другими словами, они интерпретируют и исследуют текст с помощью переводных методов обработки естественного языка, чтобы создавать новые структурные единицы текста, которые передают самую важную информацию из исходного документа. При использовании генерирующих методов текст аннотации строится на правилах, предполагающих наличие лингвистической базы знаний.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.

Несмотря на множество проведенных исследований, проблема разработки формальных методов и моделей для автоматического аннотирования еще не решена, ввиду того, что задача формализации естественного языка достаточно трудоемка, а сам язык является неоднозначным, неограниченным и эволютивным.

Вышеупомянутые характеристики естественного языка играют особенно большую роль при исследовании материалов на русском языке, так как именно для русского языка характерен свободный порядок слов, морфологическая сложность, подвижное разноместное ударение и высокая степень сегментной редукции [2].

На текущий момент из методов автоматического аннотирования текстов на русском языке наиболее распространены различные статистические и графовые методы, являющиеся представителями экстрагирующего подхода. Аннотации, полученные с помощью экстрагирующих подходов, зачастую характеризуются недостаточно высоким качеством текста, бессвязностью. Абстрагирующие же подходы потенциально способны обеспечить лучшее качество текста аннотации, но они чрезвычайно трудны для практической реализации и находятся на уровне исследовательских разработок.

Поскольку большинство текстов обладают достаточно выраженной структурой, ключевые части документа можно представить путем выбора предложений на основе их свойств и характеристик. В работе [3] был предложен схожий подход и рассмотрены такие методы машинного обучения с учителем для решения задач автоматического аннотирования, как наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов. Исследователем были получены обнадеживающие результаты, поэтому в данной статье было решено использовать вышеупомянутый экстрактивный подход для автоматического аннотирования текстов на русском языке, только в качестве классификатора, в отличие

от [3], были выбраны искусственные нейронные сети.

Цель статьи.

Разработка метода автоматического аннотирования текстов на русском языке на основе аппарата нейронных сетей.

Изложение основного материала.

Разрабатываемый нами метод предполагает, что прежде всего исходный документ представляется как набор предложений, а сами предложения рассматриваются как набор свойств и характеристик. Среди этого набора выбираются те предложения, которые нейронная сеть сочтет более релевантными. Результатом является некоторое подмножество предложений исходного текста.

Изначально необходимо выполнить следующее:

- определить рассматриваемые свойства и характеристики предложений, значения которых будут являться входными данными для нейронной сети;
- создать размеченный тестовый корпус текстов для последующего обучения нейронной сети;
- произвести непосредственно само обучение сети.

Определение рассматриваемых свойств и характеристик предложений.

Каждое предложение аннотируемого текста представляется в виде вектора, состоящего из 6 характеристик $[f_1, f_2, \dots, f_6]$:

- отношение порядкового номера абзаца, к которому принадлежит предложение, к общему числу абзацев исходного документа (f_1);
- отношение порядкового номера предложения в абзаце к общему числу предложений в абзаце (f_2);
- отношение количества символов рассматриваемого предложения к количеству символов самого длинного предложения текста (f_3);
- отношение количества ключевых слов в предложении к общему количеству тематических слов предложения (f_4);
- отношение количества совпадающих тематических слов данного предложения и предыдущего к общему количеству тематических слов рассматриваемых предложений (f_5);
- отношение количества совпадающих тематических слов данного предложения и предыдущего к общему количеству тематических слов двух рассматриваемых предложений (f_5);
- отношение количества совпадающих тематических слов данного предложения и последующего к общему количеству тематических слов двух рассматриваемых предложений (f_6).

Свойства f_1 - f_2 основываются на местоположении предложения в документе или в его абзаце. Ожидается, что эти параметры способствуют выбору ключевых предложений, так как аннотации, состоящие из первых предложений абзацев, превосходят аннотации, составленные с помощью других методов статьи [4], а предложения, расположенные в начале и конце абзацев, имеют высокие шансы попасть в итоговый текст [5].

Свойство f_3 поможет избавиться от слишком коротких вводных предложений, которые вряд ли попадут в аннотацию [6].

Свойство f_4 зависит от количества ключевых и тематических слов в предложении. Тематические слова получают следующим образом: из документа производится выборка всех существительных, прилагательных и глаголов, которые в последствии сводятся к их начальной форме. Для получившегося набора слов высчитывается их встречаемость в тексте. Ключевыми словами считаются 25% тематических слов, но не больше 10 что соответствует объему оперативной памяти человека [7]. Ожидается, что с помощью этого свойства увеличится вероятность выбора ключевых предложений, поскольку термины, которые часто встречаются в документе, вероятно, связаны с его темой [8]. Для выделения тематических слов был использован Томита-парсер компании Яндекс, имеющий встроенную поддержку русского языка, доступную документацию и используемый в таких популярных сервисах как Яндекс.Новости и Яндекс.Работа.

Свойства f_5 - f_6 основываются на симметричном реферировании, то есть на определении количества связей между предложениями [9].

Рассмотренные свойства могут быть изменены или дополнены. Выбор рассматриваемых свойств

предложений определяет, какие предложения попадут в итоговую аннотацию и влияет на работу нейронной сети.

Обучение нейронной сети.

Обучение нейронной сети проводится для изучения типов предложений, которые должны быть включены в аннотацию. Обучение проводится на тестовом корпусе текстов, где каждое предложение вручную отмечено как входящее в аннотацию или же нет.

Нейронная сеть ищет закономерности, присущие предложениям, которые должны быть включены в аннотацию. Используется нейронная сеть прямого распространения с тремя слоями, которая, как было доказано, является универсальным функциональным аппроксиматором [10]. Сеть может обнаруживать паттерны и аппроксимировать функцию любых данных с точностью до 100%, если в наборе данных нет противоречий.

Создание нейронной сети проводилось в NeurophStudio. Входной слой разрабатываемой нейронной сети состоит из шести нейронов, где каждый нейрон соответствует одному из свойств предложения, пяти нейронов скрытого слоя и одного нейрона выходного слоя (рис. 1). В качестве активационной функции используется сигмоида, обучение сети проводится методом обратного распространения ошибки.

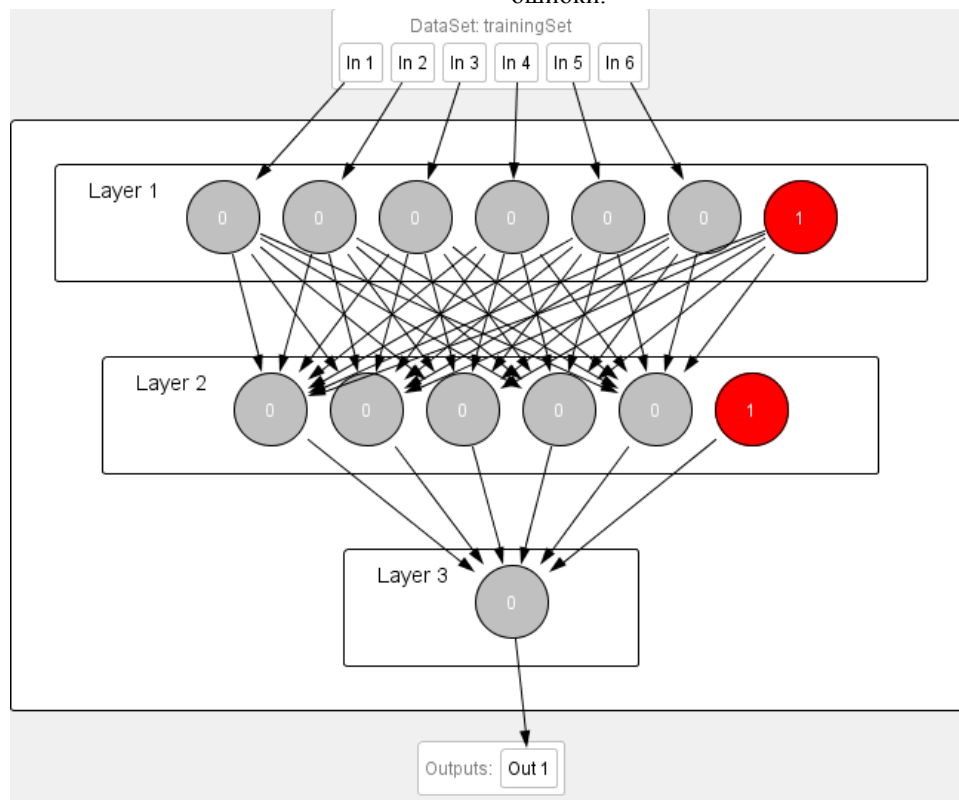


Рис. 1. Модель нейронной сети

Для создания тестового корпуса было использовано 62 статьи на различные тематики, найденные в сети Интернет. Каждый текст состоял от 27 до 102 предложений, в среднем – из 49. Всего было

проанализировано 3076 предложений. 565 предложений было помечено, как ключевые, в среднем 9 на текст. Нейронная сеть была успешно обучена за 23 итерации (рис. 2).

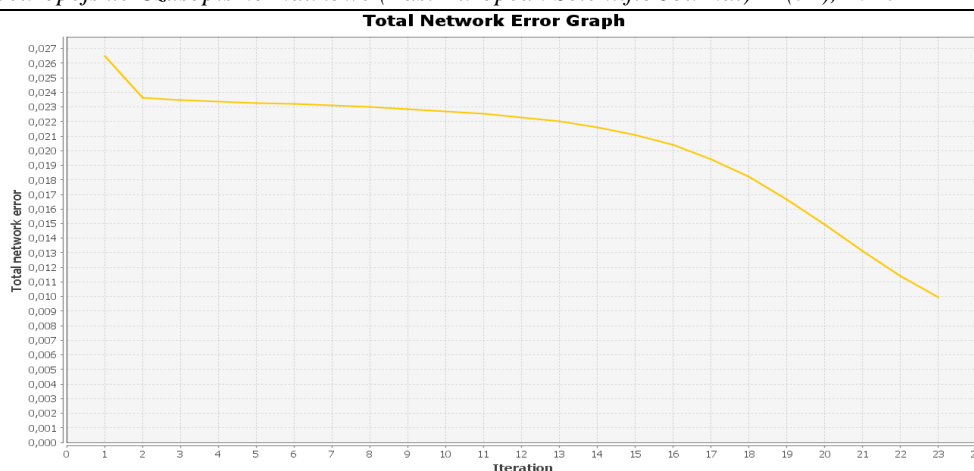


Рис. 2. График обучения нейронной сети

Итоговая среднеквадратичная ошибка для тестового корпуса составила 0.16733 (рис. 3). Точность определения является предложение ключевым или не является для нейронной сети составила

Input: 0,75; 0,1111; 0,4348; 0,7918; 0,0256; 0,1579; Output: 0,8415; Desired output: 1; Error: -0,1585;
 Input: 0,1667; 0,5; 0,1333; 0,7951; 0,0526; 0; Output: 0,7811; Desired output: 1; Error: -0,2189;
 Input: 0,5; 0,3333; 0,625; 0,2567; 0,2727; 0; Output: 0,7373; Desired output: 1; Error: -0,2627;
 Input: 0,0625; 0,5; 0,125; 0,4481; 0,0769; 0; Output: 0,706; Desired output: 1; Error: -0,294;
 Input: 0,0833; 0,1667; 0; 0,1337; 0; 0; Output: 0,7228; Desired output: 1; Error: -0,2772;
 Input: 1; 0,5; 0,8; 0,3005; 0; 0,0833; Output: 0,5936; Desired output: 1; Error: -0,4064;
 Input: 0,625; 0,25; 0,6; 0,3648; 0; 0; Output: 0,7618; Desired output: 1; Error: -0,2382;
 Input: 0,875; 0,5333; 1; 0,3316; 0,0833; 0,1111; Output: 0,6675; Desired output: 1; Error: -0,3325;
 Total Mean Square Error: 0.16733012877903028

Рис. 3. Среднеквадратичная ошибка для тестового корпуса текстов

Выводы и предложения.

Точность результатов предложенного метода автоматического аннотирования текстов на тестовой выборке составила 88,76%. Результаты оказались вполне удовлетворительными, что позволяет проводить дальнейшие исследования. Выбранные для анализа предложений свойства, а также выбранные независимым читателем ключевые предложения для тестового корпуса текстов имеют большое влияние на работу нейронной сети. Сеть обучается в соответствие со стилем читателя и в соответствие с предложениями, которые именно этот читатель считает ключевыми. Можно рассматривать данную особенность как преимущество данного подхода, так как любой человек может обучить нейронную сеть в соответствие со своими личными предпочтениями.

Список литературы:

1. Осминин, П. Г. (2016). Построение модели реферирования и аннотирования научно-технических текстов, ориентированной на автоматический перевод (Doctoral dissertation, Челябинск).
2. Большакова, Е. И., Клышинский, Э. С., Ландэ, Д. В., Носков, А. А., Пескова, О. В., & Ягунова, Е. В. (2011). Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие. М.: МИЭМ, 272, 3.
3. Wong, K. F., Wu, M., & Li, W. (2008, August). Extractive summarization using supervised and semi-supervised learning. In Proceedings of the 22nd

International Conference on Computational Linguistics-Volume 1 (pp. 985-992). Association for Computational Linguistics.

4. Brandow, R., Mitze, K., & Rau, L. F. (1995). Automatic condensation of electronic publications by sentence selection. Information Processing & Management, 31(5), 675-685.
5. Baxendale, P. B. (1958). Machine-made index for technical literature—an experiment. IBM Journal of Research and Development, 2(4), 354-361.
6. Kupiec, J., Pedersen, J., & Chen, F. (1995, July). A trainable document summarizer. In Proceedings of the 18th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (pp. 68-73). ACM.
7. Ванюшкин, А. С., & Гращенко, Л. А. (2016). Методы и алгоритмы извлечения ключевых слов. Новые информационные технологии в автоматизированных системах, (19).
8. Luhn, H. P. (1958). The automatic creation of literature abstracts. IBM Journal of research and development, 2(2), 159-165.
9. Ступин, В. С. (2004). Система автоматического реферирования методом симметричного реферирования. In Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Труды международной конференции «Диалог» (pp. 579-591).
10. Гализра, В. И., & Бабаев, Ш. Б. (2011). Нейронные сети и аппроксимация данных. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, (3).

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК621.315.592

Daliev Kh.S.

doctor of physical and mathematical Sciences (DSc),
Dean of the faculty of physics,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Daliev Sh. Kh.

doctor of philosophy (PhD) in physics and mathematics,
senior researcher, laboratory of physics
semiconductors and microelectronics,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Atamuratov A.E.

candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor,
head of the Department of Physics,
Urgench State University

Erugliev U.K.

junior researcher
Department " Physics of semiconductors and polymers»
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
faculty of physics, Republic of Uzbekistan, Tashkent

Далиев Хожжакбар Султанович

доктор физико-математических наук (DSc), декан физического факультета,
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Далиев Шахрух Хожжакбарович

доктор философии (PhD) по физико-математическим наукам,
старший научный сотрудник лаборатории физики
полупроводников и микроэлектроники,
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Атамуратов Атабек Эгамбердиевич

кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Физика», Ургенчский государственный университет

Эруглиев Уктам Комилович

младший научный сотрудник
кафедра «Физика полупроводников и полимеров»
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
физический факультет, Республика Узбекистан, г. Ташкент

A STUDY OF THE INFLUENCE OF HIGH-ENERGY BRAKE γ -RADIATION OF A BETATRON AND γ -RAYS ^{60}Co ON THE PARAMETERS OF MOS TRANSISTORS**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ БЕТАТРОНА И γ -КВАНТОВ ^{60}Co НА ПАРАМЕТРЫ МОП-ТРАНЗИСТОРОВ**

Summary. By measuring the current-voltage characteristics investigated influence of high-energy brake γ -radiation of a betatron and γ -rays ^{60}Co on the parameters of MOS transistors. It is shown that the magnitude of the energy transfer of radiation F under irradiation with ^{60}Co -quanta in comparison with the action of high-energy brake γ -radiation is two times less, and the displacement of the current-voltage characteristics is significantly more. It is established that at ^{60}Co irradiation with γ -quanta, the density of surface states ΔN_{SS} in the whole studied energy range is 35-40% higher than the values of ΔN_{SS} after high-energy brake γ -radiation.

Key words: MOS transistor, irradiation, current-voltage characteristics, energy transfer radiation.

Аннотация. С помощью измерения вольт-амперных характеристик исследовано влияние высокоэнергетического тормозного γ -излучения бетатрона и γ -квантов ^{60}Co на параметры МОП-транзисторов. Показано, что величина переноса энергии излучения F при облучении γ -квантами ^{60}Co по сравнению с воздействием высокоэнергетического тормозного γ -излучения в два раза меньше, а смещение вольт-амперных характеристик при этом существенно больше. Установлено, что при облучении γ -квантами ^{60}Co значение плотности поверхностных состояний ΔN_{SS} во всем исследованном диапазоне энергии на 35-40% больше значений ΔN_{SS} после высокоэнергетического тормозного γ -излучения.

Ключевые слова: МОП-транзистор, облучение, вольт-амперная характеристика, перенос энергии излучения.

Постановка проблемы. Исследование влияния различных внешних факторов (температуры, электрического поля, радиации и легирования различными примесями) на физические явления, происходящие в кремниевых многослойных структурах типа металл–диэлектрик–полупроводник является одной из актуальных задач современной микроэлектроники. Изучение процессов образования дефектов и изменения электрических свойств системы Si-SiO₂ при внешних воздействиях вызывает интерес широкого круга исследователей. Этот интерес обусловлен, во-первых, выяснением механизма образования электрически активных дефектов в объеме полупроводника, в диэлектрике и на границе раздела Si-SiO₂. Во-вторых, выяснением возможностей и пределов применения таких воздействий в технологии полупроводниковых приборов. Несмотря на то, что имеются довольно полные экспериментальные данные по влиянию облучения, температуры и других воздействий на функционирование МДП-приборов, остается еще много неясного в физическом происхождении и природе различных типов зарядов в системе Si-SiO₂.

Анализ последних исследований и публикаций. Известно, что количество и параметры радиационных повреждений в многослойных структурах сильно зависят от условий и от вида облучения. В настоящее время имеется достаточно работ, посвященных исследованию влияния γ - квантов

⁶⁰Со на свойства МНОП-структур [1-5]. В работе [2] было исследовано воздействие высокоэнергетического тормозного (ВЭТ) γ -излучения на характеристики кремниевых МНОП-структур. Но до настоящего времени почти нет работ, посвященных изучению влияния ВЭТ γ -излучения на параметры МНОП-структур и сравнительного анализа с воздействием γ - квантов ⁶⁰Со.

Формулирование целей статьи. Целью данной работы являлось изучение выходных и передаточных вольт-амперных характеристик (ВАХ), порогового напряжения МОП-транзисторов, типа КП 304 А, облученных γ -квантами ⁶⁰Со и ВЭТ γ -излучением.

Изложение основного материала. Облучение МОП-транзисторов производилось потоком γ -квантов ⁶⁰Со с мощностью экспозиционной дозы в месте расположения образца 390 Р/с, что соответствовало плотности потока энергии квантов 0.12 Вт/см². Диапазон переносов энергии излучения в наших исследованиях составлял $(1 \div 10) \cdot 10^4$ Дж/см².

Выходные ВАХ МОП-транзисторов типа КП 304А исследовались в диапазоне напряжений сток-исток, включающем линейный участок и область насыщения. Изменение линейных участков ВАХ образцов, облученных ВЭТ γ -излучением при переносе энергии $F=130$ Дж/см² и образцов, облученных γ -квантами ⁶⁰Со при переносе энергии $F=63.5$ Дж/см² представлено на рис. 1.

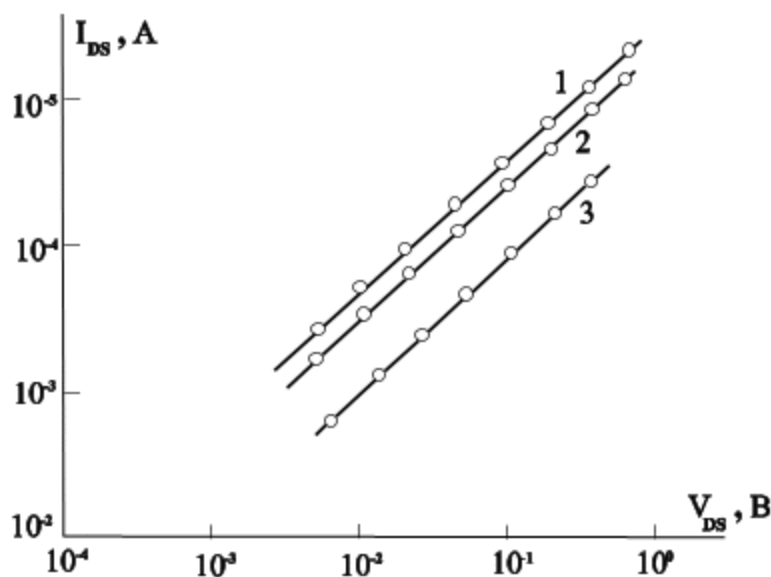


Рис. 1. Линейная область выходной ВАХ МОП-транзисторов:

1-контрольные образцы; 2- облучение ВЭТ γ -излучением с переносом энергии излучения 130 Дж/см²; 3- облучение γ -квантами ⁶⁰Со с переносом энергии излучения 63,5 Дж/см².

Хотя величина переноса энергии излучения при облучении γ -квантами ⁶⁰Со почти в два раза меньше, смещение ВАХ при этом существенно больше, чем при воздействии ВЭТ γ -излучения. Влияние ВЭТ γ -излучения на пороговое напряжение МОП-транзистора исследовалось в диапазоне переносов энергии излучения $(10 \div 6) \cdot 10^3$ Дж/см². Измерение пороговых напряжений образцов до и

после облучения производилось при $V_{BS}=0$ и $V_{DS}=90$ мВ. В исследованном диапазоне переносов энергии излучения наблюдается монотонное смещение этой зависимости в сторону больших значений V_{GS} и изменения ее крутизны с увеличением переноса энергии излучения. Соответственно этому, V_{MG} с увеличением переноса F монотонно увеличивается в сторону больших отрицательных значений (рис. 2, кривая 1). Отметим, что при облучении γ -квантами ⁶⁰Со при практически одинаковых переносах энергии излучения увеличение V_{MG} значительно больше (кривая 2), чем при воздействии ВЭТ- излучения (кривая 1).

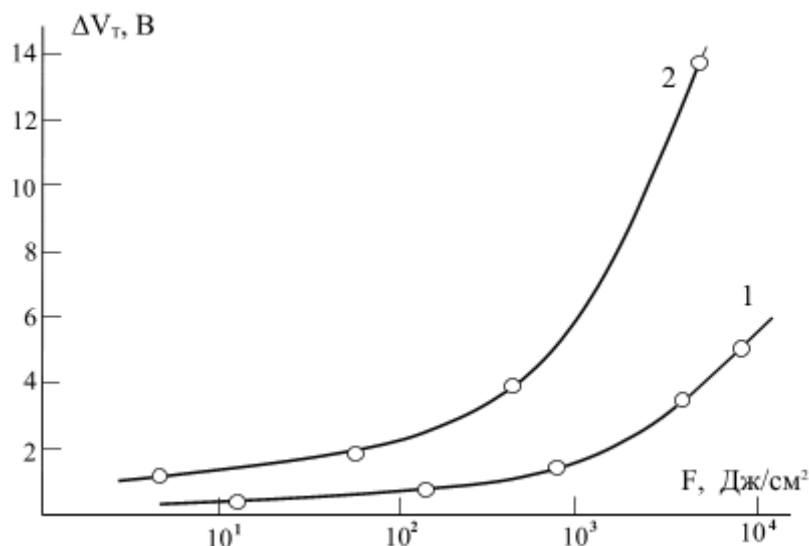


Рис.2. Зависимость порогового напряжения МОП-транзисторов от

переноса энергии излучения для образцов, облученных

высокоэнергетическим тормозным γ -излучением (1) и

γ -квантами от ^{60}Co (2)

Результаты измерений относительного изменения эффективной канальной подвижности при облучении γ -квантами ^{60}Co и ВЭТ γ -излучением показали, что с увеличением переноса энергии излучения эффективная подвижность в инверсионном канале монотонно уменьшается, это связано с уменьшением передаточной характеристики МОП-транзистора. Зависимость эффективной канальной подвижности от переноса энергии излучения при облучении γ -квантами ^{60}Co также отличается от такой зависимости при облучении ВЭТ γ -излучением. При облучении γ -квантами ^{60}Co с сравнительно меньшей величиной F по сравнению с ВЭТ-излучением наблюдается большее изменение $\mu_{\text{эфф}}$. Результаты измерений показали, что передаточная подпороговая ВАХ образца, облученного γ -квантами ^{60}Co с переносом энергии $F = 4 \cdot 10^9$ Дж/см² имеет большее смещение и изменение крутизны по отношению к контрольному образцу, чем образец, облученный тормозным спектром с $F = 7.5 \cdot 10^9$ Дж/см². Рассчитанные по этим ВАХ энергетические спектры поверхностных состояний (ПС) показывают, что при сравнительно меньшем значении переноса энергии F при облучении γ -квантами ^{60}Co значение плотности поверхностных состояний ΔN_{SS} во всем исследованном диапазоне энергии на 35-40% больше значений ΔN_{SS} после ВЭТ γ -излучения.

Выводы из данного исследования. Таким образом, из сравнительного анализа измерений вольт-амперных характеристик МОП-транзисторов

типа КП 304А, подвергнутых воздействию высокоэнергетического тормозного γ -излучения бетатрона и γ -квантов ^{60}Co можно сделать вывод, что величина переноса энергии излучения F при облучении γ -квантами ^{60}Co по сравнению с воздействием ВЭТ γ -излучения в два раза меньше, а смещение ВАХ при этом существенно больше. Установлено, что при облучении γ -квантами ^{60}Co значение плотности поверхностных состояний ΔN_{SS} во всем исследованном диапазоне энергии на 35-40% больше значений ΔN_{SS} после ВЭТ γ -излучения.

Список литературы:

1. Александров О.В. Влияние смещения на поведение МОП-структур при ионизирующем облучении. ФТП, 2015, т.49, в.6, С.793-799.
2. Далиев Х.С. Воздействие высокоэнергетического тормозного γ излучения на характеристики кремниевых МНОП структур. ДАН РУз, 2009, в. 5, С.36-39.
3. Попов В.Д. Два этапа поверхностного дефектообразования в МОП структуре при низкоинтенсивном воздействии гамма-излучения. ФТП, 2016, т. 50, В.3, С.354-359.
4. Федоренко Я.Г., Отавина Л.А., Леденева Е.В., Свердлов А.М. Влияние радиационного воздействия на характеристики МДП структур с окислами редкоземельных элементов. ФТП, 1997, том 31, № 7, С.885-888.
5. Khlifi Y, Kassmi K., Aziz A. Ionizing Radiation Effect on the Electrical Properties of Metal/Oxide/Semiconductor Structures . M.J. Condensed Matter. 2005, Vol.6 (1). P. 20-26.

V.A. Riaby,¹ V.P. Savinov,² P.E. Masherov,¹ and V.G. Yakunin²

¹Research Institute of Applied Mechanics and Electrodynamics (RIAME) of the Moscow Aviation Institute (National Research University), 5 Leningrad Rd., Moscow 125080, Russia

²Moscow State University (MSU) named after M.V. Lomonosov, Physical Dept., Moscow 119991, Russia

FULL DIAGNOSTICS OF AN INDUCTIVE PLASMA SECTION OF AN ION THRUSTER MODEL

(Review of the book under the same title, Riga: LAMBERT Academic Publishing, 2018, 102 pp.)

Abstract

Radio frequency low pressure inductive xenon plasma was generated in a gas-discharge section of an ion thruster model. Its full diagnostics consisted of integral and local measurements. Integral diagnostics of a gas-discharge section included measurements of general parameters of the discharge device and its feeding line that determined overall physical-technical image of the facility (Patented). Local diagnostics determined spatial plasma parameter distributions using cylindrical Langmuir probes of two kinds: the straight probe-1 that operated in the middle cross-section of discharge space and the L-shaped probe-2 moving along the discharge and revolving around its axis, both of them provided by conventional bare probe protective shields. In the same cross-section with the probe-1 operated radially movable plane by-wall probe simulator also measuring radial distributions of plasma parameters. Probe-1 data were initially considered to be objective and reliable and they were published in two articles. Subsequent analysis of its results including electron energy distribution function (EEDF) showed its noticeable deviations from the Maxwellian function in dependence on the shield-1 length. The reason for them was disclosed because the probe-2 could repeat probe-1 measurements in the common special position $l_{sh1}=0$ and $l_{sh2}\neq 0$ where the probe-2 was exposed to its shield influence. In this position probe-2 lowered all plasma parameters. Comparison of both probes' data identified the principled relationship between measurement errors and EEDF distortions caused by bare probe shields. This dependence was used to correct the initial probe-1 measurements eliminating its shield's influence. Physical analysis of probe errors based on previous authors' works showed that they were caused by a short-circuited double-probe effect in the bare metal shields. As the result, three new probe application directions were proposed: a) elimination of bare probe protective shield's influence on measurement results (Patent Application); b) measurements of the probe sheath thicknesses and the mean ion mass using cylindrical probes in Maxwellian plasmas (Patented); c) evaluation of ion current density to a wall under floating potential using plane by-wall probe simulator (Patent Application).

Key words: gas-discharge plasma, ICP discharge, antenna coil, ferrite core, Langmuir probe, Maxwellian plasma, Bohm effect, Boltzmann law, "3/2 power" law.

INTRODUCTION

The present work is dedicated to the studies of radio frequency (RF) inductively coupled plasma (ICP) generated in a gas discharge input section of an RF ion thruster model. A planar antenna coil enhanced by ferrite core was used in this section to generate xenon plasma at pressure $p = 2$ mTorr and at the driving frequency $f = 2$ MHz. Full plasma diagnostics consisted of two parts: a) detailed integral diagnostics arranged according to the author's patented method and b) local plasma diagnostics using two cylindrical Langmuir probes and one radially movable plane by-wall probe simulator for plasma parameter measurements.

Probe diagnostics arranged in the present work stimulated the development of three novel Langmuir probe application directions: 1) elimination of bare

probe protective shield's influence on measurement results; 2) measurement of the probe sheath thicknesses and the mean ion mass using cylindrical probes operating in Maxwellian plasmas in which the Bohm effect, the "3/2 power" and the Boltzmann laws are valid; 3) evaluation of ion current density to an ion extracting grate (IEG) of an ion thruster model, and particularly to the internal ion extracting IEG electrode that operates under floating potential, using the radially movable plane by-wall probe simulator at the ceramic rod's butt. These diagnostics directions are described in the present work.

1. Experimental setup

The drawing of the RF ion thruster model studied in the present work is presented in Fig. 1.

measuring antenna coil currents without discharge and with ICP discharge in the plasma section of the model. As the result the detailed physical-technical image of the facility was obtained including RF power loss in all different elements of the discharge feeding line and the efficiency of RF power transfer from RFG to plasma η_{GP} . All these parameters were determined at the exact RFG-discharge matching.

This diagnostics was conducted at the very beginning of the subsequent experiment because it provided the base for the precise local diagnostics. It was elaborated, realized and applied to a couple of ICP devices [2-6]. It included measurements of up to 29 parameters that were called as control indicators resulting in registration of RF power losses in all discharge feeding line elements, in all facility design parts and in the ICP discharge. They determined overall physical-technical image of the experimental RIT model that characterized the quality of its design, selection of the MN engineering circuit and their practical realization.

Here we present only separate results of integral diagnostics that will be useful below. After determination of active resistances of all elements of the discharge feeding line, antenna coil currents I_0 and I were very precisely measured by the Rogovsky coil, RF current monitor Pearson 2878, without discharge (I_0) and with ICP discharge (I): for $P_{in} = 30-250$ W these currents varied in the ranges $I_0 = 3.8-10.3$ A, $I = 2.1-3.7$

A. Exact RFG-discharge matching, that corresponded to maximal incident RFG power P_{in} , equal to half of the full RFG power $P_g/2$, made discharge feeding line to be active where voltages on different reactive elements were mutually compensated and any line properties could be determined using Ohm's law. In this situation there was no danger for the RFG in the absence of its interaction with reflected RF power. In all subsequent experiments with local plasma diagnostics RFG was always exactly matched with its load. According to transformer model of the ICP discharge [7] equivalent discharge resistance was in series connected with the antenna coil resistance resulting in the RF power transfer efficiency according to the formula $\eta_{GP}=1-(I/I_0)^2$. In the present experiment this parameter varied in the range $\eta_{GP}(P_{in}) = 0.63-0.88$ that shows rather high energy efficiency of this model that resulted from 1) planar geometry of its antenna coil corresponding to convenient aspect ratio of the model's gas-discharge space thickness and its diameter and from 2) use of coil's ferrite core that uplifted mutual coil-discharge inductance and RF power transfer into the discharge lowering RF power loss in the antenna coil.

This direction of diagnostics allowed for detailed determination of RF power balance for the experimental device. Its example for the incident RFG power $P_{in}=150$ W is shown in Fig. 2.

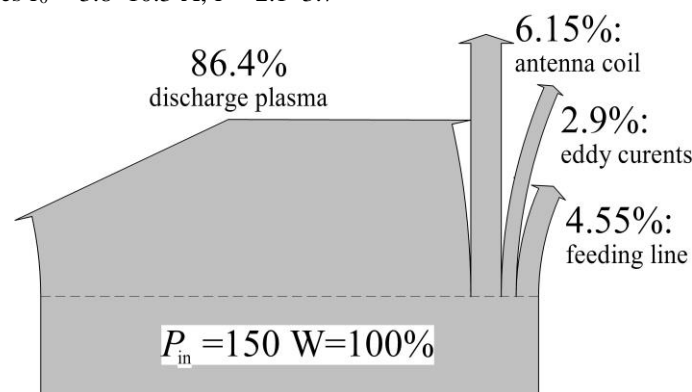


Fig. 2 RF power balance of the model's plasma section for $P_{in}=150$ W

It confirms rather high energy efficiency of this model. To obtain additional information on plasma properties, integral diagnostics was undertaken for twice xenon plasma pressure, $p = 4$ mTorr. It was found that at this pressure equivalent resistance of the discharge plasma increased by about two times that meant that at the parameters of the present device xenon plasma conductivity went down with increasing pressure. It is well known that such character of conductivity isobar behavior corresponds to temperatures in the area to the left of temperature zone where these isobars cross each other and where xenon plasma ionization degree is not more than 1% [8].

Note that presented here integral diagnostics technique has been protected by the patent [2], therefore this technical decision has exceeded world level and this conclusion is confirmed on the state level.

3. Local diagnostics of the thruster model's plasma section using cylindrical

Langmuir probes having bare protective shields

Local measurements of plasma parameters were necessary for effective thruster model designing. They were arranged using the advanced automated probe station VGPS-12 [9]. Initial measurements of plasma parameter radial distributions were conducted in the middle cross-section of the gas-discharge space using the straight probe-1. These accurate measurements were repeated several times in every probe position. Their results were considered as rather precise and objective and were published in the articles [5, 6]. The probe-2 repeated probe-1 measurements in the middle cross-section of the gas-discharge space and then determined longitudinal plasma parameter distributions that were necessary for thruster model designing. In the present work probe-2 data were analyzed only for the special position A (Fig. 1) where probe-1 shield was absent and the probe-2 was exposed to full influence of its shield.

Subsequent detailed analysis of electron energy distribution function (EEDF) behavior in the form of quantitative evaluations of their distortions using our

method [5, 6] resulted in very interesting information. According to this method measured electron saturation current densities j_{es} should be compared with the theoretical Maxwellian j_{esM} in the form of the ratios j_{es}/j_{esM} . The last theoretical parameter is the electron saturation's current density for the ideal isotropic collisionless Maxwellian plasmas, calculated using the measured plasma parameters, electron concentration n_e , and electron temperature T_e :

$$j_{esM} = (1/4)en_e(8kT_e/\pi m_e)^{1/2}$$

where e is the elementary electron charge, k is the Boltzmann constant, and m_e is the electron mass. To our opinion this comparison shows real EEDF deviations

from the Maxwellian functions, i.e. closeness of real plasmas to Maxwellian substances.

Denoting these ratios as $R_M = (j_{es}/j_{esM})$, we determined the radial distributions $R_M(r)$ for the main probe-1 (4 in Fig. 1) that moved at radial positions, $r = 0-60$ mm when its shield-length varied in the range $l_{sh} = 56-0$ mm. Note that in the special position A only an 8-mm piece of the reference probe remained in contact with the plasma; the rest its elements, 2 mm piece of the reference probe and initial part of its shield, were hidden in the movable vacuum fitting 3 (Fig. 1).

The results of this action in the form of $R_M(r)$ radial dependences for different levels of the incident RFG power are presented in Fig. 3.

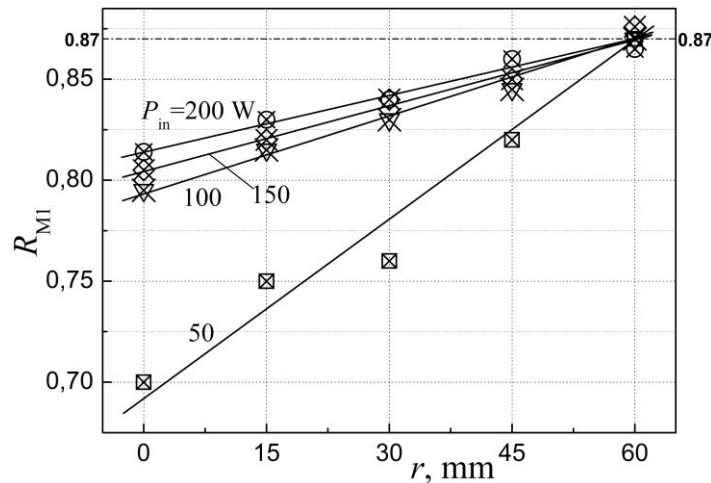


Fig. 3 Radial R_{M1} distributions for the probe-1 at different incident RFG powers P_{in}

It can be seen that at $r = 0$ R_M values varied in rather wide range and towards $r = 60$ mm position they linearly converged and rose to the single peripheral point $R_M \approx 0.87$. This figure characterizes closeness of xenon plasma to the Maxwellian substance in the special point A. This position is not very far from the chamber wall, perhaps in the depth of the discharge space plasma was closer to the Maxwellian substance. Fig. 3 proved that EEDF deviations from the Maxwell function linearly depended on the length of the bare

probe protective shield-1. At the special position A where the probe-1 operated without its shield-1, the probe-2 operating under the influence of its non-zero shield-2 repeated plasma diagnostics that showed that shield-2 lowered all plasma parameters. At different levels of RFG power probe-2 data corresponded to different values of R_{M2} . This fact helped to present the comparison of both probes' measurements in the form of ratios (x_2/x_1) depending of on R_{M2} for $x = T_e, n_e, V_s,$ and j_{es} that are shown in the left part of Fig. 4.

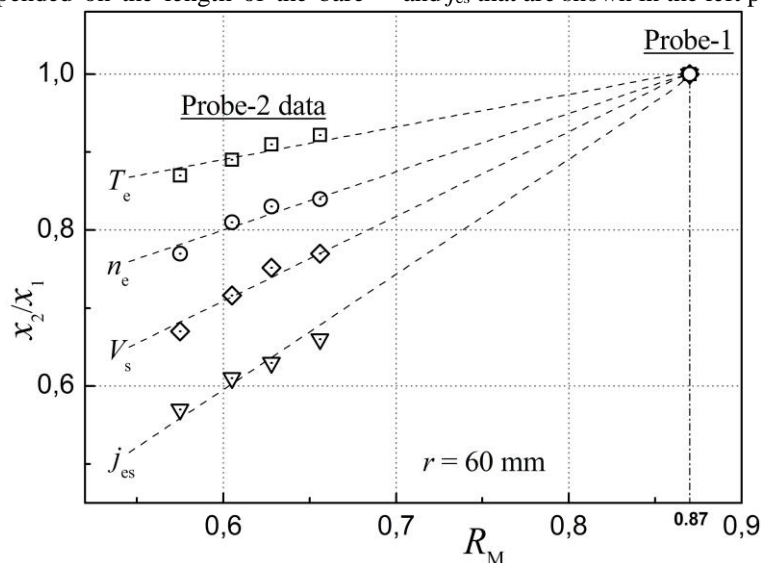


Fig. 4 Dependencies of plasma parameter reductions vs. R_M for probe-2 and probe-1

It can be seen that shield-2 rather slightly lowered T_e (by about 10%) but the rest probe data went down more deeply. Here the results of probe-1 measurements at the special position A are shown as the point $(x_2/x_1) = 1$ at $R_{M1} = 0.87$ which means that at this measured by probe-1 minimal EEDF deviation from the Maxwell function $(j_{es1}/j_{esM1}) = 0.87$ both probes with the same probe tips and without protective shield influences would result in the same plasma parameters with $(x_2/x_1) = 1$. That is why this universal probe-1 point was used to linearly approximate it with all four groups of probe-2 data resulting in physically universal functions $(x_2/x_1)(R_M)$ that characterized bare shield influence on different parameter probe measurements in the xenon plasma of the present thruster model.

These dependencies were used to determine the influence of the bare shield-1 on the plasma parameters beside the probe-1 and rectify errors of the initial measurements. This task was solved excluding the intermediate variable R_M that was done using analytical expressions for the straight lines of Figs. 3 and 4. In Fig. 3, we have:

$$P_{in} = 50 \text{ W}: R_{M1}(r) = 3 \cdot 10^{-3}r + 0.69 \quad (1)$$

$$P_{in} = 100 \text{ W}: R_{M1}(r) = 1.283 \cdot 10^{-3}r + 0.793 \quad (2)$$

$$P_{in} = 150 \text{ W}: R_{M1}(r) = 1.1 \cdot 10^{-3}r + 0.804 \quad (3)$$

$$P_{in} = 200 \text{ W}: R_{M1}(r) = 0.933 \cdot 10^{-3}r + 0.814 \quad (4)$$

In Fig. 4, we have:

$$(T_{e2}/T_{e1}) = 0.3919R_M + 0.659 \quad (5)$$

$$(n_{e2}/n_{e1}) = 0.7838R_M + 0.3181 \quad (6)$$

$$(V_{s2}/V_{s1}) = 1.0811R_M + 0.0594 \quad (7)$$

$$(j_{es2}/j_{es1}) = 1.5405R_M - 0.3402 \quad (8)$$

To determine radial distributions for T_e measurement corrections, equations (1)–(4) were inserted into equation (5) which resulted in the following expressions:

$$P_{in} = 50 \text{ W}: (T_{e2}/T_{e1}) = 1.1757 \cdot 10^{-3}r + 0.9294 \quad (9)$$

$$P_{in} = 100 \text{ W}: (T_{e2}/T_{e1}) = 0.5028 \cdot 10^{-3}r + 0.9698 \quad (10)$$

$$P_{in} = 150 \text{ W}: (T_{e2}/T_{e1}) = 0.4311 \cdot 10^{-3}r + 0.9741 \quad (11)$$

$$P_{in} = 200 \text{ W}: (T_{e2}/T_{e1}) = 0.3658 \cdot 10^{-3}r + 0.978 \quad (12)$$

They are graphically presented in Fig. 5.

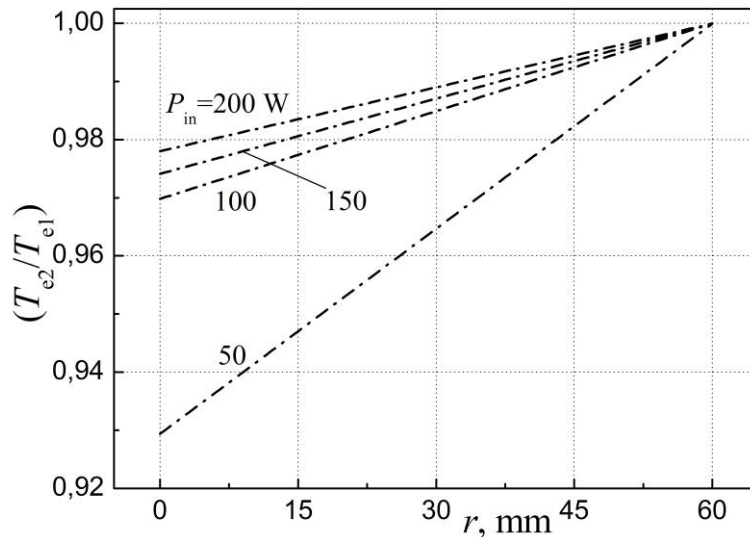


Fig 5 Radial distributions of the T_e correction ratios for $P_{in} = 50\text{--}200 \text{ W}$

Inserting equations (2)–(4) into linear expressions (9)–(12), similar measurement correction functions were obtained for the three remaining plasma parameters, n_e , V_s , and j_{es} . Finally, all the measurement points of the radial distributions $T_e(r)$, $n_e(r)$, $V_s(r)$, and $j_{es}(r)$ [5, 6] were divided by the corresponding correction ratios similar to Fig. 5 and the corrected radial distributions for all four plasma parameters were presented in [10].

Measured EEDF distortions depending on the length of the straight probe's bare shield attracted our attention to the authors' previous works where the behavior of large-scale conducting bodies in contact with plasmas was studied. In [11] a bare probe protective shield was considered as such a body and it was shown qualitatively that it behaved like a short-circuited double-macro-probe that initiated short-circuited current flowing in the shield and in plasma lowering all its parameters. Now it became clear that this physical phenomenon functioned in the present experiment and its

influence on plasma parameters was determined here quantitatively.

According to our opinion this method of local plasma diagnostics reducing measurement errors for Langmuir probes with bare protective shields is novel exceeding global level. That is why the patent application [12] for this technical decision was filed to the Russian Patent Bureau.

4. Measurement of the cylindrical probe's sheath thicknesses and the mean ion mass

It is well known that in the isotropic collision-less plasmas with the Maxwellian EEDF three physical relationships are valid: the Bohm effect, the Boltzmann law for electron flow in retarding electrical potential field and the "3/2 power" law in the form of the Child-Langmuir-Boguslavsky (CLB) equation. In this case it seems possible to determine two interesting physical parameters – probe sheath thicknesses and ion mass M_i . In [13, 14] this task was solved for cylindrical probes

with bare protective shields that were used to measure uncorrected xenon plasma parameters at the RFG power range $P_{in} = 50 \div 200$ W [5, 6].

In the present work this solution was refined using described above corrected xenon plasma parameters. First of all they were used to check up EEDF distortions in all volume of the gas-discharge space. It was found that for $P_{in} = 50$ W the bulk of xenon plasma corresponded to the Maxwell function with the error more than -20 % and for $P_{in} = 100-200$ W this error was rather less: about -13%. That is why corrected plasma parameters for $P_{in} = 100-200$ W were used to additionally refine [14] results. Initially corrected ion current densities j_{if} to a probe under floating potential V_f were calculated using Boltzmann formula $j_{if} = j_{ef} = j_{es} \cdot \exp(-\Delta V_f / T_e)$

with corrected plasma parameters including $\Delta V_f = V_s - V_f$. These data are expressed by the Bohm formula for a cylindrical probe [13]

$$j_{if} = K_{BCyl} n_e (2eT_e / M_i)^{1/2} \quad (13)$$

where $K_{BCyl} = x C_{BCyl}$ is combined Bohm coefficient ($x = R/a$, R is probe sheath radius, a is probe radius, C_{BCyl} is the Bohm coefficient that should be experimentally confirmed) and M_i is ion mass. This formula allowed for calculations of the corrected combined Bohm coefficients $K_{BCylCorr}$ for the special experiment with the known xenon ion mass $M_i = 2.18 \cdot 10^{-25}$ kg that are presented in Fig. 6 by empty circles.

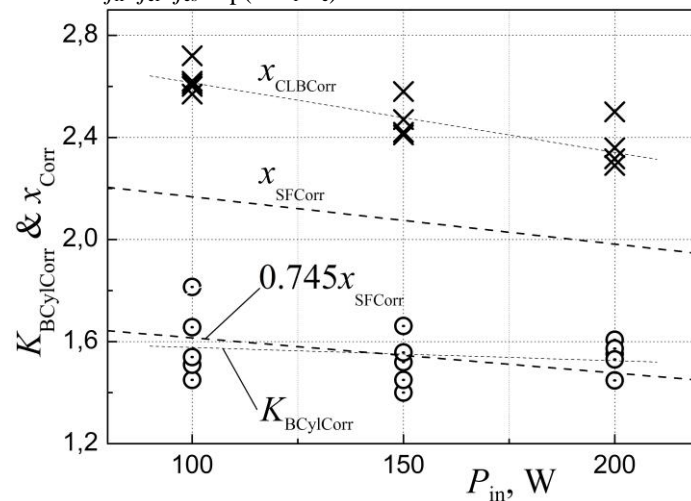


Fig. 6 Corrected values of $K_{BCylCorr}$, $x_{CLBCorr}$, and $x_{SFCCorr}$ at different levels of P_{in}

The dependence of $K_{BCylCorr}(P_{in})$ was linearly approximated by the dashed line. The next step implies determination of radii ratios $x = R/a$ related to these K_{BCyl} values [13]. They can be obtained using joint solution of (13) and the CLB equation:

$$j_{if} = (4\epsilon_0/9)(2e/M_i)^{1/2}(\Delta V_f^{3/2}/a^2 x_{CBL} A_L) \quad (14)$$

where $\epsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12}$ F/m is the dielectric permittivity of the vacuum and A_L is the dimensionless Langmuir parameter depending on x_{CBL} for a cylindrical probe [15]. Unification of (13) and (14) results in the equation

$$x_{CBL} A_L = (4\epsilon_0/9) \Delta V_f^{3/2} / K_{BCyl} a^2 n_e T_e^{1/2} = 2.4564 \cdot 10^7 \Delta V_f^{3/2} / K_{BCyl} a^2 n_e T_e^{1/2} \quad (15)$$

Here CLB index means correspondence of this equation to the CLB model of probe sheath that repels from it all electrons. The $x_{CBL} A_L = f(x_{CBL})$ dependence was determined using A_L values for the cylindrical probe [15]. Its quite precise approximation in the range $x_{CBL} = 1.1 \div 3.3$ resulted in the expression:

$$x_{CBL} A_L = 0.5667 x_{CBL}^3 - 0.5847 x_{CBL}^2 - 0.5233 x_{CBL} + 0.537 \quad (16)$$

Unification of (15) and (16) gave the following cubic equation for x_{CBL} :

$$0.5667 x_{CBL}^3 - 0.5847 x_{CBL}^2 - 0.5233 x_{CBL} + 0.537 - 2.4564 \cdot 10^7 \Delta V_f^{3/2} / K_{BCylCorr} a^2 n_e T_e^{1/2} = 0 \quad (17)$$

It was solved for $x_{CLBCorr}$ using experimental $K_{BCylCorr}$ points from Fig. 6 where these data are presented by crosses. Their linear approximation denoted by the $x_{CLBCorr}$ name corresponds to the function

$$x_{CLBCorr} = 2.9 - 0.0028 P_{in} \quad (18)$$

To correct these parameters according to the "Step-Front" probe sheath model that allows for electron penetration into the probe sheath, the corresponding data [16] for $x_{CBL} = 1.4-3.6$ were linearly approximated by the expression

$$x_{SF} = 0.662 x_{CBL} + 0.433 \quad (19)$$

Correction of the evaluation dependence (18) was obtained by exclusion of intermediate variable x_{CBL} inserting expression (18) into (19):

$$x_{SF} = 2.353 - 0.001854 P_{in} \quad (20)$$

This dependence is presented in Fig. 6 by the dashed $x_{SFCCorr}$ line. It appeared over the dependence $K_{BCylCorr}(P_{in})$. Therefore it became clear that the Bohm coefficient C_{BCyl} should be less than unit because $K_{BCyl} = x C_{BCyl}$. The Bohm coefficient should be a universal

value to lower $x_{SF\text{Corr}}(P_{in})$ dependence and to superpose it with the $K_{BCyl\text{Corr}}(P_{in})$ function. In Fig. 6 it is shown by the dashed line $0.745x_{SF\text{Corr}}$ that demonstrates normal level of this operation with the Bohm coefficient $C_{BCyl\text{Corr}} = 0.745$. Here the heavy dashed line represents $0.745x_{SF}(P_{in})$ function and the thin line is the result of $K_{BCyl\text{Corr}}(P_{in})$ linear approximation and they seem to be rather close to each other.

Note that in [14] similar processing of the initial experimental data resulted in the Bohm coefficient $C_{BCyl\text{Corr}} = 1.23$, that was nearly twice higher than this parameter of the present work.

Now it is possible to finally formulate the practical, second stage of the new method of probe sheath thickness and mean ion mass measurement:

1) For plasma EEDF not far from the Maxwellian function expression (15) can be rewritten as:

$$x_{CLB}^2 A_L \approx 3.2972 \cdot 10^7 \Delta V_f^{3/2} / a^2 n_e T_e^{1/2} \quad (21)$$

2) Tabulated data [15] for A_L determine the numerical dependence $x_{CLB}^2 A_L = f(x_{CLB})$ in a way that with good precision was approximated by cubic polynomial for $x_{CLB} = 1.1 \div 3.2$:

$$x_{CLB}^2 A_L = 4.1652 x_{CLB}^3 - 14.784 x_{CLB}^2 + 18.605 x_{CLB} - 8.114 \quad (22)$$

Combination of (21) and (22) resulted in the following cubic equation for x_{CLB} :

$$4.1652 x_{CLB}^3 - 14.784 x_{CLB}^2 + 18.605 x_{CLB} - 8.114 - 3.2972 \cdot 10^7 \Delta V_f^{3/2} / a^2 n_e T_e^{1/2} = 0 \quad (23)$$

3) When $e\Delta V_f < \varepsilon_m$ – maximal plasma electron energy, the evaluated x_{CLB} data must be corrected using formula (19) to determine x_{SF} giving real probe sheath thicknesses.

4) The corrected Bohm coefficient $C_{BCyl\text{Corr}} = 0.745$ inserted into the Bohm formula (13) has allowed for ion mass determination with the expression

$$M_i \approx 1.11 e^3 x_{SF}^2 n_e^2 T_e / j_i^2 \quad (24)$$

For a gas mixture propellant this parameter represents mean ion mass and for a propellant of definite nature it shows the degree of its purity or the level of its contamination by air inleakage into a vacuum chamber.

This method of probe diagnostics should be considered as a novel technical decision that exceeds global level because it is protected by the patent [17].

5. Evaluation of ion current density to an ion extracting electrode of an ion thruster

Knowledge of ion current density to the first IEG electrode of an ion source is very important for correct calculations and development of IEG accelerating cells and for determination of ion device's integral characteristics like an ion energy cost or efficiency of propellant consumption.

According to a well known standard method [15, 18], this task could be solved using close to reality IEG model with a set of plane by-wall probes fixed in the ion extracting electrode providing real plasma pressure. In the case of difficulties with probe insulations, IEG extracting electrode could be replaced by its dielectric imitator with a set of plane by-wall probes and with IEG perforations providing its normal gas-dynamic resistance. The preparation and actualization of such an experiment can take quite noticeable time and resources.

In the present work, it is proposed to solve this task without use of an ion extracting electrode or its dielectric imitator. Instead of them a relatively small piece of dielectric wall with a plane by-wall probe could be used being disposed on a radially movable probe holder. This simulator of a plane by-wall probe could provide steady-state influence of the wall on plasma in any radial position within model's discharge space so that its plasma properties could be determined by this plane Langmuir probe surrounded by dielectric surface.

This idea of a movable plane by-wall probe simulator was realized in the form of a ceramic rod's butt that served as the dielectric wall imitator supplied by a plane by-wall probe with its lead inserted into the rod's internal channel [19]. This rod had two channels, the second one necessary for the reference probe in the form of a bare metal sleeve. That is why both channels of the rod were filled with metal wires. The internal end of one wire served as a collecting surface of the plane probe fixed flash with the rod's butt. The second wire was brought out of the rod, bent back and was encircled by the reference probe. Beside the rod's butt a steady-state by-wall sheath was formed in plasma because its ceramic surface around the plane probe exceeded probe collecting surface by more than 10 times.

In the present work a ceramic rod of 5 mm OD with two channels 1.5 mm in diameter was used. In these channels, copper wires of the same diameters were tightly fixed. One of them was used as a plane probe 1.5 mm in diameter at the rod's butt while another one was connected to the reference probe. The rest area of the rod's external surface was encircled by similar metal foil that served as a grounded screen fixed next to the reference probe with about 2 mm gap. The drawing of this plane by-wall probe simulator is shown in Fig. 7.

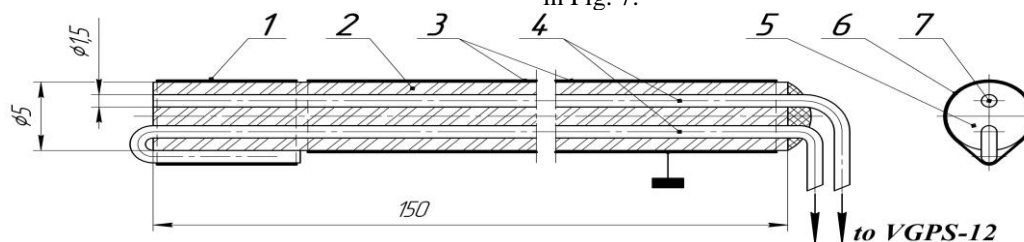


Fig. 7 The drawing of the plane wall probe simulator.

It can be seen that the collecting surface of the plane probe was non-uniformly surrounded by a ceramic surface because the probe was shifted from the center of the rod's butt by about 1 mm. Perhaps this fault can be avoided in the subsequent experiments.

Quantitative EEDF evaluations based on results of plane probe measurements of plasma parameters showed that in this case electron saturation current density ratios j_{es}/j_{esM} were lowered to about 0.5 which showed a substantive deviations of real EEDFs from the Maxwell function. Therefore plasma beside the surface of the ceramic rod's butt was a non-Maxwellian substance where Boltzmann law was not valid that did not allow for ion current density evaluations using measured plasma parameters and the Boltzmann formula for a plane probe.

In this case ion current density to a wall under floating potential could be evaluated only using ion branches of the plane probe VACs extrapolating them to a floating probe potential. Usually, long probe ion branches look linear which determines the way of their extrapolation to this potential. Such VAC processing was recommended in [20] for semi-logarithmic and double-logarithmic VACs because this way of their ion branches' processing had some definite theoretic base. Following this recommendation, in the present work ion branches of semi-logarithmic VACs of the by-wall probe simulator were linearly extrapolated to a floating potential. Note that in the present experiment double-logarithmic VACs resulted in the same data because their extrapolation tangents were rather short. In [20] they were much longer reaching plasma space potential where ion saturation current densities j_{if} obtained from VACs of both kinds differed rather noticeably.

Obtained in such a way radial distributions of ion current densities to a wall under floating potential for $P_{in} = 100\text{--}250$ W are presented in [19]. They were confirmed in subsequent experiments with ion beam with the error of about +30% [21].

According to the authors' knowledge this method of plane probe diagnostics also represents a novel technical decision that was filed as a patent application [22].

6. Discussion of measurement results

Integral diagnostics of ICP devices characterized their general physical-technical image that included their design and circuit engineering of ICP discharge feeding lines. Besides it showed possible ways to raise their energy efficiency and created the base for subsequent local plasma diagnostics that was very important for their effective arrangement.

The present work showed that bare probe shields disturbed plasma parameters proportionally to their lengths. To understand the reality of this situation, we analyzed probe-1 VACs to evaluate the I_{SC} current in plasma around its shield and this process resulted in $I_{SC} \sim 0.02\text{--}0.03$ A while the mean local current of the inductive discharge beside the probe-1 was about $I_p \sim 0.2\text{--}0.3$ A [10]. This comparison showed real possibilities for EEDF distortions in the present experiment.

This work can be very useful for all physicists engaged in plasma studies, especially for those dealing with RF plasmas, because Langmuir probe diagnostics is a very important and popular technique in plasma-

parameter measurements. The present results clarify that the best way to make objective probe measurements of RF plasma parameters is to use protective shields coated with dielectric layers to eliminate the short-circuited double-probe phenomenon mentioned in this work. In the case of probes with bare protective shields, it would be beneficial to follow the method proposed in the present work.

Measurements of probe sheath thicknesses can help to checkup correctness of probe theory used for probe measurements interpretation. As for mean ion mass determination, it characterizes the degree of propellant purity or the quality of vacuum chamber tightness. So these additional plasma parameters contain rather useful information for any experiments. The proposed here additional applications of Langmuir probes can be considered as quite practical diagnostic technique because plasmas close to a Maxwellian substance are used in numerous technological or thruster devices.

The obtained here radial distributions of ion current density to a wall under floating potential can be considered as rather important information for preliminary calculations of geometry, forms and dimensions of accelerating IEG cells. The present experiment was carried out without IEG electrodes because here only physical parameters and the technical shape of the inductive device were studied. It showed that the present thruster model of a convenient design provided rather uniform plasma near the extraction IEG electrode with j_{if} spread in the limits not wider than $\pm 20\%$ and with rather high energy efficiency up to 0.88 which were the result of a plane antenna coil with ferrite core application. Comparison with probe diagnostics data [18] showed that these characteristics do not represent the upper limit of plasma uniformity but all the same they noticeably exceeded qualities of previously tested thruster models [23] so that the studied here apparatus can be considered as an effective prospect for such devices of new generation.

7. Conclusions

1. Integral diagnostics of ICP devices was done deeper and more effective in comparison with previous similar technique. Its protection by the patent [2] means that this technical decision exceeded global level.

2. Three novel methods of Langmuir probe diagnostics have been proposed, all of them having practical importance: a) reduction of measurement errors for probes having bare protective shields; b) measurements of probe sheath thicknesses and mean ion mass in Maxwellian plasmas; c) evaluation of ion current density to a wall under floating potential using movable plane by-wall probe simulator.

3. The proposed corrections of measurement results using probes with bare protective shields were realized in inductive xenon plasma of low pressure (2 mTorr) at $P_{in} = 50\text{--}200$ W using radially movable straight cylindrical probe.

4. In the special experiment with known xenon ion mass it was determined that for a cylindrical probe at $P_{in} = 100\text{--}200$ W the Bohm coefficient was equal to $C_{BCyl} = 0.745$.

5. Plasma beside the plane by-wall probe simulator turned out to be a non-Maxwellian substance where

ion current density to this probe under a floating potential could be evaluated only by linear extrapolations of ion branches of semi-logarithmic probe VACs.

6. The obtained data on radial distributions of ion current density to the extraction electrode of the ion thruster model showed that this model of low aspect ratio with planar antenna coil with ferrite core can be considered as a promising prospect for thrusters of the next generation due to simplified and compact construction design of the model, its rather high energy efficiency, and reasonably uniform radial plasma distribution with possible future improvement.

Acknowledgments

Authors wish to express their sincere gratitude to Prof. V. Godyak and his colleague B. Alexandrovich for their friendship and effective help in the arrangement of the present experiments.

Initial part of this work was supported by the RF Government's Grant No. 11.G34.31.0022, the RF President's Grant No. NSh-895.2014.8 and the Agreement Nos. 02.G25.31.0072 and 14.577.21.0101 and its concluding part was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Project No. 9.9055.2017/BP.

References

1. Masherov P.E., Influence of the first probe holder's relative size of the cylindrical Langmuir probe on the results of local plasma diagnostics, *Vestnik Moskovskogo Aviatcionnogo Instituta*, 2016, v. 23, No. 2, p. 42-49.
2. Riaby V.A., Godyak V.A., Obukhov V.A., Masherov P.E., Mogulkin A.I., Method of integral diagnostics of RF inductive gas-discharge device, Patent Holders: Authors, Russian Patent RU2601947, Cl. H05H 1/46, filed on 26.03.2015.
3. Riaby V.A., Obukhov V.A., Masherov P.E., Mogulkin A.I., Balashov V.V., Integral diagnostics method characterizing gas discharge unit of an RF inductive ion thruster, *Proc. 34th Intern. Electric Propulsion Conf., Hyogo-Kobe, Japan, July 2015*, rep. No. 450 (IEPC-2015-450), p. 1-9.
4. Riaby V.A., Obukhov V.A., Kirpichnikov A.P., Masherov P.E., Mogulkin A.I., Integral diagnostics method for a radio-frequency inductively coupled plasma discharge unit of an RF ion thruster, *Russian Aeronautics*, 2015, No. 4, p. 448-453.
5. Masherov P. E., Riaby V. A., Godyak V. A., Integral electrical characteristics and local plasma parameters of RF ion thruster, *Rev. Sci. Instrum.*, 2016, v. 87, Paper No. 02B926.
6. Riaby V.A., Masherov P.E., Integral and local diagnostics of energy effective model of an RF ion beam source, *Proc. of the Rus. Acad. of Sciencies. Power Engineering*, 2016, No. 2, pp. 46-57.
7. Piejak R.B., Godyak V.A., Alexandrovich B.M., A simple analysis of an inductive RF discharge, *Plasma Sources Sci. Technol.*, 1992, v. 1, p. 179-186.
8. Devoto R.S., Transport coefficients of partially ionized krypton and xenon, *AIAA Journal*, 1969, v. 7, No. 2, p. 199-204.
9. VGPS Probe System: www.plasmasensors.com.

10. Riaby V.A., Savinov V.P., Masherov P.E., Yakunin V.G., Elevating the precision of plasma probe diagnostics by elimination of bare probe protective shield's influence, *J. of Chemistry: Edu. Res. & Practice*, 2017, v. 1, No. 1, p. 1-5.

11. Masherov P.E., Obukhov V.A., Riaby V.A., Savinov V.P., Decrease of plasma perturbations caused by Langmuir probes, *Proc. 21 Intern. Symp. on Plasma Chemistry (Cairns, Australia, Aug. 2013)*.- Cairns: Austr. Nat. Univ., 2013, report 410 [www.ispc-conference.org/ispcproc/ispc21/ID410.pdf].

12. Riaby V.A., Masherov P.E., Savinov V.P., Yakunin V.G., A method of plasma diagnostics using Langmuir probes with bare protective shields and a device for its realization, *Pat. Appl. No. 2017139277*, filed on 13.11.2017.

13. Masherov P. E., Riaby V. A., Abgaryan V.K., Note: The expansion of possibilities for plasma probe diagnostics, *Rev. Sci. Instrum.*, 2016, v. 87, Paper No. 056104.

14. Masherov P. E., Riaby V. A., Abgaryan V. K., Note: Refined possibilities for plasma probe diagnostics, *Rev. Sci. Instrum.*, 2016, v. 87, Paper No. 086106.

15. Kozlov O. V., *Electrical probe in plasma*.- Moscow: Atomizdat, 1969, p. 20-21.

16. Piejak R. B., Godyak V. A., Garner R., Alexandrovich B. M., The hairpin resonator: A plasma density measuring technique revisited, *J. Appl. Phys.*, 2004, v. 95, No. 7, p. 3785- 3791.

17. Riaby V. A., Masherov P. E., A method of local Maxwellian plasmas diagnostics using a single Langmuir probe, Patent Holder: Moscow Aviation Institute, *Pat. Appl. No. 20161143184*, filed on 03.11.2016. Positive decision taken on 20.11.2017.

18. Godyak V. A., Electrical and plasma parameters of ICP with high coupling efficiency, *Plasma Sources Sci. Technol.*, 2011, paper No. 025004 (7pp).

19. Masherov P., Riaby V., Abgaryan V., Evaluation of ion current density distribution on an extraction electrode of a radio frequency ion thruster, *Plasma Sources Sci. Technol.*, 2017, v. 26, Paper No. 015004.

20. Nuhn B., Peter G., Comparison of classical and numerical evaluation of Langmuir probe characteristics at low plasma densities.- *Proc. XIII Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases, Contributed Papers (Berlin, Germany, 1977)*, 1977, v. 2, pp. 97-98.

21. Balashov V., Cherkasova M., Kruglov K., Kudriavtsev A., Masherov P., Mogulkin A., Obukhov V., Riaby V., and Svotine V., Radio frequency source of a weakly expanding wedge-shaped xenon ion beam for contactless removal of large-sized space debris objects, *Rev. Sci. Instrum.*, 2017, v. 88, Paper No. 083304.

22. Masherov P. E., Piskunkov A. F., Riaby V. A., A method of determination of ion current density to a wall in contact with plasmas and a device for its realization, *Pat. Appl. No. 2016109229*, filed on 15.03.2016.

23. Goebel D. M. and Katz I., *Fundamentals of electric propulsion: ion and Hall thrusters*. NASA: Wiley, USA, 2008.

#4 (32), 2018 część 1
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

#4 (32), 2018 part 1
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw,
Poland

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com>