



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 84.35)

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Issue №15
Part 3
February 2021

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

ISSN 2567-5273
DOI 10.30890/2567-5273

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*
Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *candidate of technical sciences*

Editorial board: More than 200 doctors of science. Full list on pages 4

UDC 08
LBC 94

DOI: 10.30890/2567-5273.2021-15-03

Published by:

Sergeieva&Co

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@modern techno.de

site: www.moderntechno.de

The publisher is not responsible for the validity of the information or for any outcomes resulting from reliance thereon.

Copyright
© Authors, 2021



About the journal

The International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English. The journal is registered in INDEXCOPERNICUS.

Sections of the Journal:

Library of Congress Classification Outline	Sections
Subclass TJ / TJI-1570	Mechanical engineering and machinery
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering.
Subclass TA / TA165	Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation
Subclass TK / TK5101-6720	Telecommunication
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering
Subclass TN / TN1-997	Mining engineering. Metallurgy
Subclass TS / TS1950-1982, TS2120-2159	Animal products., Cereals and grain. Milling industry
Subclass TS / TS1300-1865	Textile industries
Subclass TK / TK7800-8360	Electronics
Subclass T / T55.4-60.8	Industrial engineering. Management engineering
Subclass T / T351-385	Mechanical drawing. Engineering graphics
Subclass TA / TA1001-1280, Subclass TL / TL1-484, Subclass TE / TE1-450, Subclass TF / TF1-1620	Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation
Subclass TH / TH1-9745	Building construction
Subclass T / T55-55.3	Industrial safety. Industrial accident prevention
Additional sections	<i>Innovative economics and management, Innovations in pedagogy, Innovative approaches in jurisprudence, Innovative philosophical views</i>

Requirements for articles

Articles should correspond to the thematic profile of the journal, meet international standards of scientific publications and be formalized in accordance with established rules. They should also be a presentation of the results of the original author's scientific research, be inscribed in the context of domestic and foreign research on this topic, reflect the author's ability to freely navigate in the existing bibliographic context on the problems involved and adequately apply the generally accepted methodology of setting and solving scientific problems.

All texts should be written in literary language, edited and conform to the scientific style of speech. Incorrect selection and unreliability of the facts, quotations, statistical and sociological data, names of own, geographical names and other information cited by the authors can cause the rejection of the submitted material (including at the registration stage).

All tables and figures in the article should be numbered, have headings and links in the text. If the data is borrowed from another source, a bibliographic reference should be given to it in the form of a note.

The title of the article, the full names of authors, educational institutions (except the main text language) should be presented in English.

Articles should be accompanied by an annotation and key words in the language of the main text and must be in English. The abstract should be made in the form of a short text that reveals the purpose and objectives of the work, its structure and main findings. The abstract is an independent analytical text and should give an adequate idea of the research conducted without the need to refer to the article. Abstract in English (Abstract) should be written in a competent academic language.

The presence of UDC, BBK

Acceptance of the material for consideration is not a guarantee of its publication. Registered articles are reviewed by the editorial staff and, when formally and in substance, the requirements of the journal are sent to peer review, including through an open discussion using the web resource www.sworld.education

Only previously unpublished materials can be posted in the journal.

Regulations on the ethics of publication of scientific data and its violations

The editors of the journal are aware of the fact that in the academic community there are quite widespread cases of violation of the ethics of the publication of scientific research. As the most notable and egregious, one can single out plagiarism, the posting of previously published materials, the misappropriation of the results of foreign scientific research, and falsification of data. We oppose such practices.

The editors are convinced that violations of copyrights and moral norms are not only ethically unacceptable, but also serve as a barrier to the development of scientific knowledge. Therefore, we believe that the fight against these phenomena should become the goal and the result of joint efforts of our authors, editors, reviewers, readers and the entire academic community. We encourage all stakeholders to cooperate and participate in the exchange of information in order to combat the violation of the ethics of publication of scientific research.

For its part, the editors are ready to make every effort to identify and suppress such unacceptable practices. We promise to take appropriate measures, as well as pay close attention to any information provided to us, which will indicate unethical behavior of one or another author.

Detection of ethical violations entails refusal to publish. If it is revealed that the article contains outright slander, violates the law or copyright rules, the editorial board considers itself obliged to remove it from the web resource and from the citation bases. Such extreme measures can be applied only with maximum openness and publicity.



Editorial board

Averchenkov Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Bryansk State Technical University, Russia
 Angelova Polya Georgieva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Economic Academy D A Tsenova, Svishotov, Bulgaria, Bulgaria
 Animica Evgenij Georgievich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Ural State University of Economics, Russia
 Antonov Valerij Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Ukraine
 Antrapeva Nadezhda Mihajlovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 Ahmadiyev Gabdulhat Malikovich, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazan (Volga) Federal University, Russia
 Bazheva Rima Chamalovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H M Berbekov, Russia
 Batyrgareeva Vladislava Stanislavovna, Doctor of Law, Research Institute for the Study of Crime Problems named after academician V V Stashisa NAPRN of Ukraine, Ukraine
 Bezdenezhnyh Tatyana Ivanovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, St Petersburg State University of Economics, Russia
 Blatov Igor Anatolevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Russia
 Burda Aleksey Grigorevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University, Russia
 Buharina Irina Leonidovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Udmurt State University, Russia
 Bushueva Inna Vladimirovna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Zaporizhzhya State Medical University, Ukraine
 Bykov Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Railway Engineering, Russia
 Velichko Stepan Petrovich, Doctor of Education, Professor, Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vinnichenko, Ukraine
 Vizir Vadim Anatolevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Zaporizhzhya State Medical University, Ukraine
 Vozhegova Raisa Anatolevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
 Volgireva Galina Pavlovna, Candidate of Historical Sciences, assistant professor, Perm State University, Russia
 Voloh Dmitriy Stepanovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, A A National Medical University Pilgrim, Ukraine
 Vorozhbitova Aleksandra Anatolevna, Doctor of Philology, Professor, Sochi State University, Russia
 Gavrilenko Nataliya Nikolaevna, Doctor of Education, assistant professor, Peoples' Friendship University of Russia, Russia
 Georgievskij Gennadij Viktorovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, senior scientific employee, SE "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicines", Ukraine
 Getman Anatolij Pavlovich, Doctor of Law, Professor, National Law University named after Yaroslav the Wise, Ukraine
 Gilev Gennadij Andreevich, Doctor of Education, Professor, Moscow State Industrial University, Russia
 Goncharuk Sergej Mironovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia Granovskaya Lyudmila Nikolaevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kherson State Agrarian University, Ukraine
 Grebneva Nadezhda Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia Grizodub Aleksandr Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, SE "Ukrainian Scientific Center for the Quality of Medicines", Ukraine
 Grichenko Svetlana Anatolevna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Ural State Academy of Veterinary Medicine, Russia
 Gudzenko Aleksandr Pavlovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Lugansk State Medical University, Ukraine
 Demidova V G, candidate of pedagogical sciences, assistant professor, Ukraine Denisov Sergej Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia Dorofeev Andrej Viktorovich, Doctor of Education, assistant professor, Bashkir State University, Russia
 Dorohina Elena Yurevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, G V Russian University of Economics Plekhanova, Russia
 Ermagambet Bolat Toleuhanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Coal Chemistry and Technology LLP, Kazakhstan
 Zhovtonog Olga Igorevna, Doctor of Agricultural Sciences, Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS, Ukraine
 Zaharov Oleg Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University, Russia
 Zubkov Ruslan Sergeevich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Nikolaev Interregional Institute for Human Development of the Higher Educational Institution "University of Ukraine", Ukraine
 Irzhi Hlahula, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, FLKR - T Bati University, Zlin, Czech
 Kalajda Vladimir Timofeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tomsk State University, Russia
 Kalenik Tatyana Kuzminichna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Russia
 Kantarovich Yu L, Ph D in History of Arts, Odessa National Music Academy, Ukraine
 Kapitanov Vasilij Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
 Karpova Nataliya Konstantinovna, Doctor of Education, Professor, South Federal University, Russia
 Kafarskij Vladimir Ivanovich, Doctor of Law, Professor, Director of Science Center of Ukrainian Constitutionalism, Ukraine
 Kirillova Elena Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
 Kirichenko Aleksandr Anatolevich, Doctor of Law, Professor, Ukraine
 Klimova Natalya Vladimirovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University, Russia
 Knyazeva Olga Aleksandrovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Bashkir State Medical University, Russia
 Kovalenko Elena Mihajlovna, doctor of philosophical science, Professor, South Federal University, Russia
 Kovalenko Petr Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian

Sciences of Ukraine, Ukraine
 Kokebaeva Gulzhauhar Kakenovna, Doctor of Historical Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan
 Kondratov Dmitriy Vyacheslavovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Russia
 Kopej Bogdan Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ivanofrankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
 Kosenko Nadezhda Fedorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Ivanovo State University of Chemical Technology, Russia
 Kostenko Vasilij Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ukraine Kotlyarov Vladimir Vladislavovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University, Russia
 Kochinev Yuriy Yurevich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, St Petersburg State Polytechnic University, Russia
 Kravchuk Anna Viktorovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Academy of the State Prison Service, Ukraine
 Kruglov Valerij Mihajlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Railway Engineering, Russia
 Kuderin Marat Krykbaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, PSU named after S Toraygryova, Kazakhstan
 Kurmaev Petr Yurevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychyna, Ukraine
 Kuhar Elena Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Kazakh Agro Technical University S Seifullina, Kazakhstan
 Lapkina Inna Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
 Latiyina Natalya Anatolevna, Doctor of Political Science, Professor, Kiev National University of Trade and Economics, Ukraine
 Lebedev Anatolij Timofeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Stavropol State Agrarian University, Russia
 Lebedeva Larisa Aleksandrovna, candidate of psychological sciences, assistant professor, Mordovian State University, Russia
 Lipich Tamara Ivanovna, doctor of philosophical science, assistant professor, Belgorod State University, Russia
 Lomotko Denis Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Ukraine
 Lytkina Larisa Vladimirovna, Doctor of Philology, assistant professor, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Russia
 Lyalkina Galina Borisovna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Perm National Research Polytechnic University, Russia
 Majdanyuk Irina Zinovievna, doctor of philosophical science, assistant professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 Makarova Irina Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan (Volga) Federal University, Russia
 Maksin Viktor Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 Malahov A V, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Ukraine Malceva Anna Vasilevna, Doctor of Sociology, assistant professor, Altai State University, Russia
 Melnik Alyona Alekseevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Kiev National University of Technology and Design, Ukraine
 Milyaeva Larisa Grigorevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Biysk Technological Institute (branch) "Altai State Technical University named after I I Polzunova", head of the department of business economics, Russia
 Mishenina Tatyana Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine
 Moigilevskaya I M, candidate of pedagogical sciences, Professor, Ukraine Moisejkina Lyudmila Guchaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kalmyk State University, Russia
 Morozov Aleksey Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kherson State Agrarian University, Ukraine
 Morozova Tatyana Yurevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Instrument Engineering and Computer Science, Russia
 Nefedeva Elena Eduardovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Volgograd State Technical University, Russia
 Nikolaeva Alla Dmitrievna, Doctor of Education, Professor, Northeast Federal University named after M K Ammosova, Russia
 Orlov Nikolaj Mihajlovich, Doctor of Science in Public Administration, assistant professor, Academy of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Department of Operational Conquest of the BB, Ukraine
 Otepova Gulmira Elubaeвна, Doctor of Historical Sciences, Professor, Pavlodar State Pedagogical Institute, Kazakhstan
 Pavlenko Anatolij Mihajlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Poltava National Technical University Yuri Kondratyuk, Ukraine
 Parunakyan Vaagn Emilevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Priazov State Technical University, Ukraine
 Patyka Nikolaj Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS", Ukraine
 Pahomova Elena Anatolevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, International University of Nature, Society, and Man "Dubna", Russia
 Pachurin German Vasilevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Nizhny Novgorod State Technical University R E Alekseeva, Russia
 Pershin Vladimir Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tambov State Technical University, Russia
 Piganov Mihail Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Samara State Aerospace University named after academician S P Queen, Russia
 Polyakov Andrej Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnitsa National Technical University, Ukraine
 Popov Viktor Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University, Russia
 Popova Taisiya Georgievna, Doctor of Philology, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Russia
 Rastrygina Alla Nikolaevna, Doctor of Education, Professor, Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vinnichenko, I Shevchenko, Kropyvnytskyi, Ukraine
 Rebezov Maksim Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia Reznikov Andrej Valentinovich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Moscow State Technical University "Stankin", Russia
 Rokochinskij Anatolij Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor,



- National University of Water Resources and Environmental Management, Ukraine
Romashenko Mihail Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
Rylov Sergej Ivanovich, PhD in Economics, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
Saveleva Nelli Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Sochi State University, Russia
Safarov Artur Mahmudovich, Doctor of Philology, Senior Lecturer, Russia
Svetlov Viktor Aleksandrovich, doctor of philosophical science, Professor, Petersburg State University of Railway Engineering, Russia
Semencov Georgij Nikiforovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
Sentyabrev Nikolaj Nikolaevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Academy of Physical Culture, Russia
Sidorovich Marina Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Kherson State University, Ukraine
Sirota Naum Mihajlovich, Doctor of Political Science, Professor, State University of Aerospace Instrumentation, Russia
Smirnov Evgenij Ivanovich, Doctor of Education, Professor, Yaroslavl State Pedagogical University named after K D Ushinsky, Russia
Sokolova Nadezhda Gennadevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Izhevsk State Technical University, Russia
Starodubcev Vladimir Mihajlovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Stegnij Vasilij Nikolaevich, Doctor of Sociology, Professor, Perm National Research Polytechnic University, Russia
Stepenko Valerij Efreimovich, Doctor of Law, assistant professor, Pacific State University, Russia
Stoypec Oleksandr Vasilovich, Doctor of Philosophy, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
Stoypec Vasil Grigorovich, Candidate of Philology, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
Strelcova Elena Dmitrievna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, South Russian State Technical University (NPI), Russia
Suhenko Yurij Grigorevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Suhova Mariya Gennadevna, Doctor of Geographical Sciences, assistant professor, Gorno-Altai State University, Russia
Tarariko Yurij Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ukraine
Tarasenko Larisa Viktorovna, Doctor of Sociology, Professor, South Federal University, Russia
Testov Boris Viktorovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Tobolsk Integrated Scientific Station, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk, Russia
Tokareva Natalya Gennadevna, Candidate of Medical Sciences, assistant professor, Medical Institute FSBEI HE "Moscow State University named after NP Ogarev, Russia
Tolbatov Andrej Vladimirovich, candidate of technical sciences, assistant professor, Sumy National Agrarian University, Ukraine
Tonkov Evgenij Evgenevich, Doctor of Law, Professor, Law Institute of the National Research University Belgorod State University, Russia
Trigub Petr Nikitovich, Doctor of Historical Sciences, Professor, Ukraine
Tungushbaeva Zina Bajbagusovna, Doctor of Biological Sciences, Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Kazakhstan
Ustenko Sergej Anatolevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Nikolaev State University named after V O Sukhomlinsky, Ukraine
Fateva Nadezhda Mihajlovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Tyumen State University, Russia
Fatyhova Alevtina Leontevna, Doctor of Education, assistant professor, Bashkir State University (Sterlitamak branch), Russia
Fedorishin Dmitro Dmitrovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
Fedotova Galina Aleksandrovna, Doctor of Education, Professor, Novgorod State University, Russia
Fedyanina Lyudmila Nikolaevna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Russia
Habibullin Rifat Gabdulhakovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan (Volga) Federal University, Russia
Hodakova Nina Pavlovna, Doctor of Education, assistant professor, Moscow City Pedagogical University, Russia
Hrebina Svetlana Vladimirovna, Doctor of Psychology, Professor, Pyatigorsk State Linguistic University, Russia
Chervonyj Ivan Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Zaporizhzhya State Engineering Academy, Ukraine
Chigirinskaya Natalya Vyacheslavovna, Doctor of Education, Professor, Volgograd State Technical University, Russia
Churekova Tatyana Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Russia
Shajko-Shajkovskij Aleksandr Gennadevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chernivtsi National University Y Fedkovich, Ukraine
Shapovalov Valentin Valerevich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Kharkov Medical Academy of Postgraduate Education, Ukraine
Shapovalov Valerij Vladimirovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Kharkiv Regional State Administration, Ukraine
Shapovalova Viktoriya Alekseevna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Kharkov Medical Academy of Postgraduate Education, Ukraine
Sharagov Vasilij Andreevich, Doctor of Chemical Sciences, assistant professor, Balti State University "Alec Russo", Moldova
Shevchenko Larisa Vasilevna, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Shepitko Valerij Yurevich, Doctor of Law, Professor, National Law University named after Yaroslav the Wise, Ukraine
Shibaev Aleksandr Grigorevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
Shishka Roman Bogdanovich, Doctor of Law, Professor, National Aviation University, Ukraine
Sherban Igor Vasilevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Russia
Elezovich M Dalibor , Doctor of Historical Sciences, assistant professor, Pristina University K Mitrovića, Serbia
Yarovenko Vasilij Vasilevich, Doctor of Law, Professor, Admiral G I Maritime State University Nevelsky, Russia
Yacenko Aleksandr Vladimirovich, Professor, Institute of Maritime Economics and Entrepreneurship, Scientific Research Design Institute of the Marine Fleet of Ukraine, Ukraine
Evdropov Vladimir Mikhailovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian Customs Academy, Russia
Kononova Alexandra Evgenievna, PhD in Economics, docent, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine
Svitlana Titova, PhD in Geography, docent, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
Tatarchuk Tetiana, PhD in technical sciences, NU "Zaporizhzhya Polytechnic", Ukraine
Chupakhina Svitlana Vasylivna, PhD in pedagogical sciences, docent, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine
Boiko Ruslan Vasiliovich, PhD in Economics, docent, Khmelnytsky National University, Ukraine
Voropayeva Tetiana Sergiivna, PhD in Psychology, docent, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
Zakharenko Natalia, PhD in Economics, Priazov State Technical University, Ukraine
Kirkin Oleksandr Pavlovich, PhD in technical sciences, docent, Priazov State Technical University, Ukraine
Kyianovskiy Aleksandr Moiseevich, PhD in Chemistry, docent, Kherson State Agrarian University, Ukraine
Tharkahova Irma Grigorevna, PhD in Economics, docent, Adyge State University, Russia
Vitrovij Andriy Orestovych, PhD in technical sciences, docent, Ternopil National Economic University, Ukraine
Khodakivska Olga, Doctor of Economic Sciences, senior research assistant, National Research Center "Institute of Agrarian Economics", Ukraine
Shatkovskiy Andrii, Doctor of Agricultural Sciences, Institute of Water Problems and Melioration of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
Katerynchuk Ivan Stepanovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Academy of the State Border Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Ukraine
Goncharenko Igor Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, Ukraine
Gornostaj Oryslava Bogdanivna, PhD in technical sciences, docent, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
Stanislavchuk Oksana Volodymyrivna, PhD in technical sciences, docent, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
Mirus Oleksandr-Zenovij Lvovich, PhD in Chemistry, docent, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
Nashynets-Naumova Anfisa, Doctor of Law, docent, Boris Grinchenko Kyiv University, Ukraine
Kyselov Iurii Olexandrovych, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Uman National University of Horticulture, Ukraine
Smutchak Zinaida Vasylivna, Doctor of Economic Sciences, docent, Flight Academy of the National Aviation University, Ukraine
Polenova Galina Tikhonovna, Doctor of Philology, Professor, Rostov-on-Don State University of Economics, Russia
Makeeva Vera Stepanovna, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Russia
Bunchuk Oksana, Doctor of Law, docent, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine
Gladukh Ievgenii, Doctor of Pharmacy, Professor, National University of Pharmacy, Ukraine
Benera Valentyna , Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Taras Shevchenko Regional Humanitarian-Pedagogical Academy of Kremenets, Ukraine
Demyanenko Natalia, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Taras Shevchenko Regional Humanitarian-Pedagogical Academy of Kremenets, Ukraine
Makarenko Andriy Viktorovich, PhD in pedagogical sciences, docent, Donbass State Pedagogical University, Ukraine
Kharkovliuk-Balakina Natalia, PhD in biological sciences, docent, State Institution "Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Ukraine
Chushenko Valentyna Mykolayivna, PhD in pharmaceutical sciences, docent, National Pharmaceutical University, Ukraine
Malinina Nina Lvovna, doctor of philosophical science, docent, Far Eastern Federal University", Russia
Brukhansky Ruslan Feoktistovich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Western Ukrainian National University, Ukraine
Zastavetska Lesya Bogdanovna, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Ternopil National Pedagogical University named after V Gnatyuk, Ukraine
Kalabska Vira Stepanivna, PhD in pedagogical sciences, docent, Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychna, Ukraine
Kutishchev Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, VSTU, Russia
Pikas Olha Bohdanivna, Doctor of Medical Sciences, Professor, National Medical University named after A A Bogomolets, Ukraine



УДК 621.396.96

**CORRELATION PERCEPTION OF UNCERTAINTY WITH THE ERROR
OF MEASUREMENTS**
**КОРРЕЛЯЦИОННОЕ ВОСПРИЯТИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ С ПОГРЕШНОСТЬЮ
ИЗМЕРЕНИЙ**

Tarasenko Yu.S. / Тарасенко Ю.С.*c.p.-m.s., as.prof. / к.ф.-м.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4226-5707

Savchenko Iu.V. / Савченко Ю.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-7177-6311

Prokopych-Tkachenko D.I. / Прокопович-Ткаченко Д.И.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-6590-3898

Parshyna O.A. / Паршина Е.А.*d.e.s., prof. / д.э.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-7836-0140

*University of Customs and Finance, Dnipro, Volodymyr Vernadsky str, 2/4, 49000**Университет таможенного дела и финансов,**Днепр, ул. Владимира Вернадского, 2/4, 49000*

Аннотация. Статья посвящена аспектам измерений исходя из парадигмы их истинности в соответствии с современными рекомендациями ISO, которые, как правило, декларируются через отечественное законодательство и реализуются посредством лабораторий по калибровке средств и методов измерений. При этом анализ тенденций формирования основных положений по обеспечению надежности и единства измерений при непосредственном их внедрении указывает на сложность восприятия и определенные диспропорции в процессе эксплуатации средств измерительной техники при использовании понятия неопределённости измерений. Предложено осуществлять реализованные измерения с позиций их неопределённости посредством оценки полученных апостериорных результатов при обязательном учёте поправок в виде некоторого допустимого интервала опосредствованных изменений погрешностей, что соответствует режиму выполнения затребованного априорного факта неопределённости измерений.

Ключевые слова: средства измерительной техники, надежность и единство измерений, погрешность измерений, неопределённость измерений, метрологическая аттестация средств измерений.

Вступление.

Формирование современных основных положений по обеспечению надежности и единства измерений должно соответствовать рекомендациям ISO [1,2] и задекларированным государственным законодательным требованиям при создании лабораторий по калибровке средств и методов измерений (СМИ) для последующего их функционирования. При этом метрологическую аттестацию средств измерений, входящих в состав испытательного оборудования и измерительных каналов систем (комплексов), допускалось совмещать с аттестацией испытательного оборудования и метрологической аттестацией измерительных каналов. Причём используемая программа и методика метрологической аттестации (ПМА) средств измерений могла входить составной частью как в программу аттестации испытательного



оборудования, так и в программу метрологической аттестации измерительных каналов. Если невозможно использовать стандартизованные методы и средства, то предприятие (организация), представляющее средство измерений на метрологическую аттестацию, включали в ПМА специальные методы и средства исследования метрологических характеристик. Более того, допускалось применение расчетных и расчетно-экспериментальных методов определения метрологических характеристик измерительных каналов систем (комплексов). При этом, до проведения метрологической аттестации конкретных средств измерений (СИ), допускалось использование к ним условно-обобщенного названия в виде «не стандартизованных средств измерений», а после успешной метрологической аттестации такие СИ получали статус стандартизованных средств измерений (ССИ).

В случае освидетельствования средств измерительной техники (СИТ), не подпадающие под четкий алгоритм государственного метрологического надзора и ведомственного контроля, использовали стандарт «Метрологическое обеспечение разработки, изготовления и эксплуатации не стандартизованных средств измерений» [3]. Фактически, осуществляли как определение метрологических характеристик измерительной техники, так и установление пригодности этих СИТ к применению через определение и установление соответствия данных метрологических характеристик аттестуемых средств измерительной техники к требованиям технического задания (ТЗ) на разработку, а также и другим нормативным документам на эти СИТ, включая и проверку правильности выбора методов и средств их поверки, приведенных (отображаемых) в эксплуатационных документах.

Основной текст.

Наглядным подтверждением вышеизложенному является метрологическая аттестация СИТ в виде безэховых камер (БЭК), широко применяемых при радиоэлектронных измерениях [4,5]. На их основе возможна реализация многих (зачастую весьма трудоёмких) электромагнитных измерений, обеспечивающих выяснение как эмпирической адекватности моделей, отображающих конкретные устройства или явления (например, [6-8]), так и саму оценку достоверности измерений, осуществляемых средствами радиоэлектронной аппаратуры при использовании радиофизических методов изучения. При этом, каждый раз перед экспериментальными исследованиями, БЭК совместно с ССИ, вынуждена подвергаться поверки на метрологическую достоверность подтверждения соответствия измерений [9].

Концепция принципа достоверности подтверждения соответствия построена на основе оценки приемлемого риска и анализа функционирования комбинированной системы подтверждения соответствия в условиях неопределённости. Использование принципа неопределённости хорошо известно в квантовой физике, радиолокации, интроскопии и других отраслях, подверженных вероятностным законам протекания событий в них и, в настоящее время, данный принцип введён для акцентирования вероятностного характера при оценке проводимых измерений. В частности, наличие специфических измерений при возможном отклонении от ожидаемого события



или результата, например, при вычислении отношения правдоподобия [5], приводит к необходимости оценки достоверности подтверждения соответствия проведённых измерений, т.е. к определению степени доверия к полученному результату при заданном (допустимом) риске, - критерии, определяемом посредством статистических закономерностей исследуемых событий.

Следовательно, в результате реализации таких операций, можно судить о некой интегральной оценке качества проводимых исследований, итоговые результаты которых традиционно воспринимаются с позиций достоверности измерений, отождествляемых с их апостериорной погрешностью. Поэтому понятие «погрешности результата измерений» коррелирует с понятием истинного значения, чего принципиально невозможно достичь. В результате метрологический контроль (аттестацию) в условиях неопределённости принято осуществлять по правилам, установленными в Директивах ИСО/МЭК [10]. В них содержатся принципы и методические указания по разработке нормативных документов, направленных на реализацию (осуществление) деятельности по оценке соответствия при испытаниях в процессе инспекционного контроля и выдачи различных форм сертификации. Итоговым результатом такой деятельности является либо подтверждение соответствия в форме декларирования, отчетов, сертификатов, знаков соответствия, либо выдача разрешений и лицензий. При этом, невзирая на понятийную сложность восприятия и методик оценивания, используют понятия неопределенности измерений [11]. Фактически эмпирически определяемая величина, с позиций неопределенности измерения, должна однозначно являться внутренне согласованной, независимо от компонентов её составляющих и их (компонентов) возможной группировки. Также обязывалась реализация необходимости обеспечения преемственности использования неопределенности измерения при непосредственной оценке одного результата в процессе оценивании неопределенности другого измерения, в котором использовался предыдущий результат. Поэтому, в термин «неопределенность измерения», (невзирая на то, что само значение слова «неопределенность» можно трактовать как «сомнение»), обоснованно заложена способность отображать некий разброс значений, который не только однозначно принадлежит измеряемой величине, но и позволяет оценивать данные измерения с позиций достоверности соответствия [9].

Очевидно, что непосредственное оценивание достоверности соответствия измерений и определения уровня неопределенности проводимых измерений требует наличия отечественных лабораторий по калибровке и метрологической прослеживаемости результатов измерений. При этом, не говоря уже о не стандартизованных средств измерений, зачастую подлежат обязательной калибровки и те СИТ, точность и неопределенность измерений которых влияют на достоверность представляемых результатов и/или требуют дополнительной калибровки измерительного оборудования при установлении метрологической прослеживаемости представляемых эмпирических результатов. Как правило, необходимая прослеживаемость результатов измерений к Международной системе единиц (СИ) осуществляется посредством калибровки,



предоставляемой компетентной лабораторией, с использованием сертифицированных стандартных образцов с сертифицированными значениями компетентного производителя с указанной метрологической прослеживаемостью к СИ и путём непосредственной реализации единиц СИ, подтвержденной прямыми или косвенными сличениями с национальными или международными эталонами. Для не стандартизованных средств измерений, с позиций использования понятий неопределённости измерений, потребуются соответствующие разработки по использованию аттестованных методик измерений и/или методик прямых измерений, включенных в эксплуатационную документацию средств измерения утвержденного типа с применением поверенных средств измерения утвержденного типа в процессе непосредственной реализации калибраторов и стандартных образцов утвержденного типа и/или эталонов, удовлетворяющих государственным поверочным схемам и системе единиц измерения СИ.

Заключение и выводы.

Фактически можно констатировать, что анализ тенденций формирования основных положений по обеспечению надежности и единства измерений и их реализаций, согласно пожеланий ISO, указывает на сложность восприятия и определенные диспропорции в процессе внедрения таких средств измерительной техники при использовании понятия неопределённости измерений. Однако, с целью осуществления адекватности и достоверности соответствия измерений в рамках использования принципа неопределённости, следует отождествлять, (при оценке апостериорных результатов измерений с использованием необходимых вычислений по неопределённости), реализованные измерения и их погрешности при обязательном учёте поправок апостериорного решения по приписываемым им возможным интервалам изменений данных погрешностей в виде неких $\pm\Delta$, что непосредственно и будет соответствовать условию выполнения затребованного факта неопределённости измерений. При этом повтор измерительных циклов с обязательным вычислением количественной оценки неопределённости измерений каждого цикла позволяет обеспечивать априорно заданный уровень достоверности измерений.

Литература:

1. ISO 5725-1, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1. General principles and definitions. (ISO 5725-1 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений - Часть 1: Общие положения и определения)
2. ISO/IEC Guide 99:2007, International Vocabulary of Metrology (VIM) (Руководство ISO/МЕК 99 Международный словарь по метрологии — Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)).
3. Метрологическое обеспечение разработки, изготовления и эксплуатации не стандартизованных средств измерений [Текст]: ГОСТ 8.326 – 78: введ. 01. 07. 79. – М: Изд-во стандартов, 1984.
4. Торгованов, В. А. Безэховые камеры [Текст] / В. А. Торгованов //



Зарубеж. радиоэлектроника. 1974. № 12. – С. 20 – 46.

5. Тарасенко Ю.С. Фізичні основи радіолокації. Дніпро: Пороги, 2011. 487с

6. А.с. №1095107 СССР. Способ определения характеристик приёмопередающей антенны [Текст] / Ю. С. Тарасенко, В. В. Турчин. (СССР). – опубл. 30.05.84, Бюл. № 20.

7. А.с. №1141319 СССР. Способ определения концентрации электронов в ионосферной плазме [Текст] / Ю.С. Тарасенко, В.В. Турчин (СССР). –опубл. 23.02.85, Бюл. №7.

8. А.с. №759002 СССР. Устройство для измерения рассеивающих свойств радиолокационной цели с плазменной оболочкой [Текст] / Ф.И. Коломойцев, Ю.С. Тарасенко, В.В. Турчин / (СССР). – №759002 заявл. 28.08.78.

9. ISO/МЕК 17007:2009 «Оценка соответствия. Методические указания по разработке нормативных документов, предназначенных для применения при оценке соответствия» (ISO/IEC 17007:2009 «Conformity assessment — Guidance for drafting normative documents suitable for conformity assessment»).

10. ISO/IEC Guide 98-1:2009, Uncertainty of measurement - Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, IDT. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения. М. Стандартинформ. 2017.

11, ISO/IEC 98-3, Uncertainty of measurement — Guide to the expression of uncertainty in measurement. Неопределенность измерений — Часть 3: Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM:1995).

***Abstract.** The article is devoted to the aspects of measurements based on the paradigm of their truth in accordance with modern ISO recommendations, which, as a rule, are declared through domestic legislation and are implemented through laboratories for the calibration of measuring instruments and methods. At the same time, the analysis of tendencies in the formation of the main provisions for ensuring the reliability and uniformity of measurements during their direct implementation indicates the complexity of perception and certain imbalances in the process of operating such measuring instruments when using the concept of measurement uncertainty. It is proposed to carry out the realized measurements from the standpoint of their uncertainty by evaluating the obtained a posteriori results with the obligatory accounting of corrections in the form of a certain permissible interval of indirect changes in errors, which corresponds to the mode of performing the requested a priori fact of measurement uncertainty.*

***Keywords:** measuring models, measuring equipment, metrological certification program, anechoic chamber, metrological certification of measuring instruments.*

Статья отправлена: 08.02.2021 г.

© Ю.С. Тарасенко, Ю.В. Савченко,
Д.І. Прокопович-Ткаченко, Е.А. Паршина



UDC 681.585.58+681.7.069.3

**PHOTOEMISSION QUANTUM OUTPUT UND METHODEN
SEINER MESSUNG.****КВАНТОВЫЙ ВЫХОД ФОТОЭМИССИИ И МЕТОДЫ ЕГО ИЗМЕРЕНИЯ****Chernikov N.G. / Черников Н.Г.***s.phis.-math. s., as. prof. / к.физ.-мат. н., доц.***Braslavskaya E.V. / Браславская Е.В.***alter dozent / старший препод.***Chernikov E.N. / Черникова Е.Н.***Junggeselle./ бакалавр**Ostukrainische Nationaluniversität benannt nach. V. Dahl, Sewerodonetsk**Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля,**м. Северодонецьк.*

Anmerkung: In jüngster Zeit wurden erhebliche Fortschritte bei der Entwicklung intensiver Strahlungsquellen und neuer optischer Elemente für den Vakuum-Ultraviolett-Spektralbereich (VUV) erzielt. Dieser Fortschritt diente als Grundlage für die Entwicklung vieler vielversprechender praktischer Anwendungen: Mikroskopie, Röntgenholographie, Röntgenlithographie, Mikroelektronik usw. Die Entwicklung dieser Bereiche, insbesondere die Optimierung der Parameter von Quellen und die Wahl der Optik Elemente sind qualitative quantitative (absolute) Messungen der Strahlungseigenschaften erforderlich. Die Durchführung solcher Messungen im VUV-Spektralbereich ist jedoch eine ziemlich schwierige Aufgabe. Tatsache ist, dass in diesem Bereich des Spektrums alle Substanzen je nach Wellenlänge eine große und stark variierende Absorption aufweisen. Daher erfordern alle Strahlungsdetektoren eine unabhängige Kalibrierung gegen eine Referenzquelle im gesamten Wellenlängenbereich, da ihre Empfindlichkeit von den Eigenschaften und der Reinheit der absorbierenden Oberfläche abhängt. Die vorgestellte Arbeit zeigt eine Technik zur Photometrie monochromatischer Strahlung im ultravioletten Bereich des Spektrums unter Verwendung von zwei Vorrichtungen: einer kalibrierten thermischen Säule und einer Photovervielfacherröhre, deren Fenster mit einer dünnen Schicht Salicylsäure-Natrium bedeckt ist.

Stichworte: Fotovervielfacherröhre, Fotokathode, Photon, monochromatische Strahlung, Lichtquantum, Wärmesäule.

Einführung:

Die Spezifität optischer und photoelektrischer Messungen stellt bestimmte Anforderungen an Lichtquellen.

Erstens müssen sie über die gesamte Oberfläche der Strahlung des Lichtstroms die gleiche Helligkeit haben.

Zweitens sollte der Strahlungsenergiefluss zeitlich stabil sein und so geringe Schwankungen aufweisen, dass er im Rahmen experimenteller Fehler die Ergebnisse des Experiments selbst nicht beeinflusst.

Drittens muss die Intensität des Lichtflusses, der durch die Oberfläche des Eintrittspaltes des Monochromators fließt, konstant sein.

Außerdem muss die Intensität des gesamten Spektrums der monochromatischen Strahlung der Lichtquelle bekannt sein.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Intensität der monochromatischen Strahlung zu bestimmen, um die spektrale Verteilung der Quantenausbeute der Photoemission von der Oberfläche von Festkörpern zu bestimmen.



Analyse aktueller Forschungen und Veröffentlichungen.

Der Hauptnachteil sowohl der optischen als auch der Photoelektronenspektroskopie sind Lichtquellen, bei denen der Strahlungsenergiefluss wie immer während der Experimente Instabilität zeigt. In [1] wird eine Beschreibung und ein Design einer Hochspannungswasserstofflampe als Quelle für ultraviolette Strahlung im Energiebereich bis zu 11 eV angegeben, die in der Photoelektronen- und optischen Spektroskopie verwendet wird. Die hohe Qualität und Zuverlässigkeit dieser Wasserstofflampe als Lichtstrahlungsquelle zeigt sich bei der Verwendung in der Photoelektronenspektroskopie.

Die Messung der Gesamtstrahlungsmenge, die auf das untersuchte System (Photoemitter) trifft, wird als Aktinometrie bezeichnet. Bei der Untersuchung der Photoemission muss die Gesamtmenge der vom Photoemitter empfangenen monochromatischen Lichtenergie bekannt sein. Eine Art von Aktinometer ist eine Thermosäule, bei der es sich um eine Gruppe von Thermoelementen handelt, deren bestimmte Enden gegen eine schwarze Oberfläche gedrückt sind (mit Platinschwarz bedeckt). Thermosäule - ein System von in Reihe geschalteten Thermoelementen, das zur Verstärkung des thermoelektrischen Effekts dient. Bei der Messung monochromatischer Strahlung wird die Wärmesäule hinter dem Austrittsspalt des Monochromators platziert und die Intensität der monochromatischen Strahlung gemessen.

Erklärung des Hauptforschungsmaterials.

Um die Photoemission von einer festen Oberfläche zu untersuchen, müssen zwei Arten von Merkmalen experimentell untersucht werden: 1) spektrale Verteilung der Quantenausbeute der Photoemission $Y(h\nu)$; 2) die Energieverteilung der Photoelektronen $N(E)$. Da die Quantenausbeute der Photoemission bei einer gegebenen Photonenenergie

$$h\nu = hc / \lambda \quad (1)$$

wobei h – die Plancksche Konstante ist; c – ist die Lichtgeschwindigkeit; ν – ist die Frequenz der Lichtwelle; λ – Wellenlänge,

wird bestimmt durch das Verhältnis der Gesamtzahl der Photoelektronen N_{el} zur Gesamtzahl der anregenden Photonen N_{ph} mit einer gegebenen Energie $h\nu$,

$$Y(h\nu) = N_{el} / N_{ph} \quad (2)$$

um die spektrale Verteilung der Quantenausbeute zu untersuchen, muss der gesamte Photostrom vom Emmitter gemessen werden.

$$I_{el} = N_{el} \cdot e \quad (3)$$

wo e – die Elektronenladung ist; N_{el} – ist die Anzahl der von der untersuchten Probe emittierten Elektronen.

Die Intensität der vom Monochromator auf den Emmitter einfallenden elektromagnetischen Strahlung, d.h. Die Anzahl der einfallenden Photonen N_{ph} , wie aus Formel (2) folgt, muss bekannt sein, um die spektralen Eigenschaften der Quantenausbeute aus dem Photoemitter zu bestimmen. Die Intensität der monochromatischen Strahlung wurde unter Verwendung eines Thermoelements mit einer gegebenen Empfindlichkeit bestimmt.

Messungen der Intensität von monochromatischem Licht mit einer thermischen Säule können im sichtbaren Bereich des Spektrums durchgeführt werden, wo die



Strahlung ausreichend intensiv ist. Die Verwendung einer thermischen Säule im ultravioletten Bereich des monochromatischen Spektrums wurde durch die geringen Intensitäten einzelner Spektrallinien behindert.

Gegenwärtig werden hochempfindliche Strahlungsdetektoren verwendet, um die Intensität von ultraviolettem Licht zu messen und ultraviolette Strahlung unter Verwendung verschiedener lumineszierender Substanzen in sichtbare Strahlung umzuwandeln, deren Lumineszenz dem Gesetz von S.I. Vavilov zum Beispiel Salicylsäure Natrium $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$. Salicylsäure-Natrium ist ein weißes kristallines Pulver mit unangenehm süßlichem Geschmack, geruchlos. Lassen Sie uns in Wasser, Alkohol, Glycerin auflösen.

Der Hauptvorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass es keine Lichtquelle mit einer bekannten spektralen Energieverteilung als Referenz für die Kalibrierung im ultravioletten Bereich des Spektrums benötigt.

In Substanzen wie Salicylsäure-Natrium $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$, deren Lumineszenz bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht dem Gesetz von S.I. Vavilov, die Lumineszenzlichtleistung Y_{phl} ist proportional zur Wellenlänge der anregenden ultravioletten Strahlung

$$Y_{\text{phl}} = \frac{I}{I_0} = a \cdot \lambda \quad (4)$$

wo a – const ist; I – ist die Lumineszenzintensität bei Absorption der Energie des zuführenden ultravioletten Lichtflusses I_0 .

Da die Energie des einfallenden monochromatischen ultravioletten Lichtflusses I_0 gleich dem Produkt der Energie eines Lichtquanten $h\nu$ durch die Anzahl der Quanten N_{ph} ist, d.h. also die Anzahl der Photonen

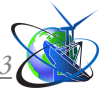
$$I = a \cdot \lambda I_0 = N_{\text{ph}} \cdot h\nu a \cdot \lambda = achN_{\text{ph}} \quad (5)$$

dabei ist c – die Lichtgeschwindigkeit.

Daraus ist ersichtlich, dass man durch Messen der Intensität der Lumineszenz die Anzahl der Photonen N_{ph} ultravioletter Strahlung erhalten kann, die diese Lumineszenz anregen.

Die Lumineszenzintensität ist schwierig oder kann, wie in unserem Fall, nicht mit einer thermischen Säule gemessen werden, da diese Intensität sehr gering ist. Die Lumineszenzspektren vieler Leuchtstoffe, einschließlich Salicylsäure-Natrium, hängen jedoch nicht von der Photonenenergie des anregenden ultravioletten Lichts ab. Dies ermöglicht es einem geeigneten Fotovervielfacher oder einer geeigneten Fotozelle, die relative Lumineszenzintensität zu messen. Voraussetzung für letzteres ist eine hohe Empfindlichkeit im Emissionsbereich des Leuchtstoffs und eine lineare Abhängigkeit des Photostroms des Photovervielfachers (Photozelle) von der Anzahl der auf die Photokathode einfallenden Photonen. Mit Hilfe eines Leuchtstoffs und eines Photovervielfachers ist es somit möglich, die relative Intensität der Lumineszenz und damit die relative Anzahl der Quanten anregender ultravioletter Strahlung zu messen.

Der absolute Wert der Intensität der monochromatischen ultravioletten Strahlung kann durch Vergleichen des Stroms des Photovervielfachers, der zur Messung der relativen Intensität unter Verwendung eines Leuchtstoffs verwendet



wurde, mit der EMK einer abgestuften thermischen Säule für einen beliebigen Teil des Spektrums des Monochromators bestimmt werden Dies ist praktisch, um die Strahlungsintensität mit beiden Instrumenten zu messen.

In der vorliegenden Arbeit wurde Salicylsäure-Natrium als Leuchtstoff verwendet, der bereits in [2] untersucht wurde. In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass die Quantenausbeute von $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$ über einen weiten Wellenlängenbereich von 3400Å bis 500Å konstant ist. Natriumsalicylsäure $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$ wurde in Alkohol gelöst und die Lösung auf das Photovervielfacherfenster aufgetragen. Die Dicke der Leuchtstoffschicht beträgt etwa 30 Mikrometer [2], was der optimalen Dicke entspricht.

Zur Messung kleiner Lichtströme werden Fotovervielfacherröhren (FEV) verwendet. Sowohl Fotozellen als auch Fotovervielfacher sind die Hauptstrahlungsdetektoren bei der Arbeit mit Monochromatoren. Die vom Austrittsspalt des Monochromators emittierte Strahlung wird auf das Eingangsfenster des Photovervielfachers gerichtet, in unserem Fall mit einer Leuchtstoffschicht bedeckt.

Das Lumineszenzspektrum von Natriumsalicylsäure hat eine maximale Intensität im Wellenlängenbereich von 4500Å . Daher wurde ein FEV-19M-Fotovervielfacher als Lumineszenzstrahlungsdetektor verwendet, bei dem die Fotokathode die höchste Emissionsquantenausbeute im Wellenlängenbereich von 4200Å aufweist. Daher kann angenommen werden, dass ultraviolettes Licht vollständig von der Leuchtstoffschicht absorbiert wird (außerdem wird das umgewandelte Licht nur unwesentlich absorbiert). dass der FEV-19M-Strom proportional zur Anzahl der einfallenden ultravioletten Strahlungsquanten ist.

Um absolute Messungen im VUV-Spektralbereich ($10 \div 100 \text{ nm}$) durchzuführen, wurde ein ähnlicher einfacher Lumineszenzdetektor [3] verwendet, dessen absolute Kalibrierung im Gegensatz zu unserem Fall mit einem UV-Excimerlaser durchgeführt wurde. Der Detektor war ein Fotovervielfacher, vor dem sich eine Siebplatte mit einer Leuchtstoffschicht befindet, Beobachtungen wurden im Durchlicht durchgeführt. Als Leuchtstoff wurde Salicylsäure-Natrium- $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$ verwendet.

Monochromatische Strahlung vom Monochromator, die durch die Linse ging, fiel auf das FEV-19M-Fenster mit einem darauf abgelagerten Leuchtstoff mit einer Dicke von ~ 30 Mikrometern. Die FEV-19M-Messwerte ergaben die relative Anzahl der Quanten der ultravioletten Spektrallinien. Um die absolute Anzahl von Lichtquanten zu erhalten, wurden die Messwerte der FEV-19M bei $\lambda = 2650\text{Å}$ mit der EMK der thermischen Säule bei derselben Wellenlänge $\lambda = 2650\text{Å}$ verglichen (die Empfindlichkeit der thermischen Säule in diesem Spektralbereich beträgt ausreichend, um die Intensität der Spektrallinie dieser Wellenlänge zu messen). Die absolute Intensität bei $\lambda = 2650\text{Å}$ wurde verwendet, um die Anzahl der Quanten für diese Linie und damit die Anzahl der Quanten für andere Linien zu bestimmen. Die auf diese Weise erhaltenen Photonenzahlen N_{ph} für verschiedene Linien des Spektrums der Wasserstofflampe [1] wurden von uns bei der Untersuchung der spektralen Verteilung der Quantenausbeute in [5, 6, 7] verwendet.



Ergebnisse:

Alle Strahlungsdetektoren erfordern eine unabhängige Kalibrierung gegen eine Referenzquelle über den gesamten Wellenlängenbereich, da ihre Empfindlichkeit von den Eigenschaften und der Reinheit der absorbierenden Oberfläche abhängt. Die vorgestellte Arbeit zeigt eine Technik zur Photometrie monochromatischer Strahlung im ultravioletten Bereich des Spektrums unter Verwendung von zwei Vorrichtungen: einer kalibrierten thermischen Säule und einer Photovervielfacherröhre, deren Fenster mit einer dünnen Schicht Salicylsäure-Natrium bedeckt ist.

Literatur:

1. Черніков М.Г., Чернікова О.М., Гордєєв В.В. Воднева лампа як джерело ультрафіолетового випромінювання в фотоспектроскопії. IV Міжнародна научно-практична конференція «PRIORI-TY DIRECTINS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOP-MENT» 20 – 22 декабря 2020 года, Киев, Украина
2. Ананьева Л.И., Шишловский А.А. Спектр люминесценции салицилово-кислого натрия ДАН, СССР, 17, 1937. С. 183–186.
3. Шевелько А.П. Абсолютные измерения в ВУФ области спектра с помощью люминесцентного детектора. Квантовая электроника, 23. №8, 1996. С 748-750.
4. Кулышев А.М., Черникова И.Д., Черников Н.Г. Влияние состояния поверхности полупроводников на работу фотодетекторов. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля, 2016. №2 (226), С. 112 – 123.
5. Черников Н.Г., Черникова И.Д. Исследование адсорбции германия на поверхность арсенида галлия фотоэмиссионным методом Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля, 2017. № 6 (237), С. 133–138
6. Черніков М.Г., Чернікова І.Д., Алієв В.Є. Дослідження адсорбції барію на поверхню арсеніду галію фотоемісійним методом. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля, 2019. № 1 (249), С. 114–124

Abstract: Recently, significant progress has been made in the development of intense radiation sources and new optical elements for the vacuum ultraviolet spectrum (VUV). This progress served as the basis for the development of many promising practical applications: X-ray lithography, X-ray holography, microscopy, etc. To develop these areas, in particular, to optimize the parameters of sources and the choice of optical elements, qualitative quantitative (absolute) measurements of radiation characteristics are required. However, carrying out such measurements in the VUV spectral range is a rather difficult task. The fact is that in this range of the spectrum, all substances have a large and strongly varying absorption depending on the wavelength. Therefore, all radiation detectors require independent calibration against a reference source in the entire wavelength range, since their sensitivity depends on the properties and purity of the absorbing surface. When studying photoemission, it is necessary to know the total amount of monochromatic light energy received by the photoemitter. One of the types of actinometer is a thermo-column, which is a group of thermocouples with certain ends pressed against a black surface. When measuring monochromatic radiation, the thermal column is placed behind the exit slit of the monochromator



and the intensity of the output radiation is measured. The luminescence intensity is difficult or, as in our case, cannot be measured with a thermal column, since this intensity is very low. However, the luminescence spectra of many phosphors, including salicylic acid sodium, do not depend on the photon energy of the exciting ultraviolet light. This enables a suitable photomultiplier or photocell to measure the relative intensity of the luminescence. The requirement for the latter will be a high sensitivity in the emission region of the phosphor and a linear dependence of the photomultiplier photocurrent on the number of photons incident on the photocathode. Thus, with the help of a phosphor and a photomultiplier, it is possible to measure the relative intensity of the luminescence and, consequently, the relative number of quanta of exciting ultraviolet radiation. The absolute intensity of monochromatic ultraviolet radiation can be determined by comparing the current of the photomultiplier, which was used to measure the relative intensity using a phosphor, with the emf of a graduated thermal column for any part of the spectrum of the monochromator, convenient for measuring the radiation intensity with both devices. The presented work shows a technique for photometry of monochromatic radiation in the ultraviolet region of the spectrum using two devices: a calibrated thermal column and a photomultiplier tube, the window of which is covered with a thin layer of salicylic acid sodium.

Key words: photomultiplier tube, photocathode, photon, monochromatic radiation, quantum of light, thermal column.

Wissenschaftlicher Leiter: c.phis.-math. s., as. prof. Chernikov N.G.
Der Artikel wurde gesendet: 02/12/2021.



УДК 621.375.826:535.361

COLOR DETECTION DEVICE OF ANIMAL WOOL COVER**ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРУ ШЕРСТНОГО ПОКРИВУ ТВАРИН****Tsybukh A.V. / Цибух А.В.***engineer, lecturer / інж., ст. викл.*

ORCID: 0000-0002-3492-9833

*Petro Vasilenko Kharkiv National Technical***Lysychenko M.L. / Лисиченко М.Л.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0003-1611-6705

*University of Agriculture, Kharkiv, Alchevskih, 44, 61002**Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, Харків, вул. Алчевських, 44, 61002*

Анотація. В статті розглянута актуальність застосування приладу визначення кольору шерстного покриву тварин у сучасному сільському господарстві, його складові частини і принцип дії, а також наведені чіткі кореляції між відтінками вовни і значенням поглинання оптичного випромінювання, проведені, експериментальним шляхом, дослідження по вимірюванню спектральних залежностей коефіцієнтів дифузного відбиття з використанням спектрометра. Розроблений пристрій покращує та розширює можливості інструментальної та неінвазивної діагностики шерстного покриву та шкіри тварин, а його компактність і мобільність надають можливість широкого застосування вимірювача в умовах сільськогосподарського виробництва.

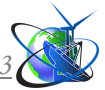
Ключові слова: шерстний покрив, вовна, оптичне випромінювання, лазери, меланінова пігментація, дифузне відбиття фізико-біологічних характеристик шерстного.

Вступ.

Використовуючи свій значний потенціал сільське господарство України в останні роки демонструє стабільну позитивну динаміку і все більше нарощує виробництво сільськогосподарської продукції. Подальший розвиток галузі, що є однією з найважливіших в економіці країни, потребує наукового обґрунтування та сучасних технічних рішень [1].

Характерною рисою галузі тваринництва є те, що вона функціонує у великому діапазоні – від промислового до натурального виробництва. Ринок продукції всіх видів характеризується незбалансованістю попиту і пропозиції та нерівномірністю внутрішнього споживання. Особливістю є зменшення обсягів внутрішнього споживання. Зокрема, за останні 20 років вівчарство перетворилося у дрібнотоварне, тобто 74 % поголів'я у приватних господарствах населення. Так, у 2017 р. вироблено близько 2000 т немітої вовни, що менше порівняно з 2018 р. майже на 10 %, що є наслідком відсутності інфраструктури заготівельних і переробних підприємств продукції вівчарства, що унеможлиблює формування необхідних для сучасного ринку партій продукції для реалізації та підготовку до сертифікації.

Рівень виробництва баранини на душу населення становить 30 % від норми МОЗ, потреба у вовні задовольняється лише на 10 %, що призводить до збитковості галузі в останні роки сягає – 72-73 %, а загальний дефіцит баранини становить 35,1 тис.т, вовни – 41,1 тис.т. [2].



Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В літературі останнім часом з'явилися публікації, які вказують, що визначення ступеня меланінової пігментації (МП) шерстного покриву та шкіри тварин є необхідним показником якості для подальшої реалізації продукції та проведення успішної селекції тварин [3].

В сучасному сільськогосподарському виробництві даний показник визначається суб'єктивно, а існуючі технічні засоби (Росія), що використовуються для вимірювання МП та рівня вираження еритеми шкіри людей, застосовують немонохроматичне випромінювання світлодіодів. Наприклад, сині світлодіоди серії XP-C Color (CREE, Inc., USA) випромінюють у діапазоні 465-485 нм, а червоні XP-E Color — 620-630 нм, що обумовлює відповідну похибку вимірювань [5].

Лазерне випромінювання, яке виробляється відповідними джерелами, посилюється, маніпулюється і доставляється до пункту застосування і впроваджується як засіб терапії або вимірювань, грає важливу роль в житті рослин, тварин і людини, керуючи біохімічними механізмами і процесами аж до експресії генів [6]. Німецький вчений Е. Hering в своїй роботі "Фотоніка" (2005) свідчить про те, що 21 століття стане «століттям фотонів», а використання лазерних технологій є необхідним кроком для удосконалення технологічних процесів у всіх сферах діяльності нашого суспільства [7].

Слід зазначити, що застосування лазерного випромінювання зумовлює використання традиційної геометричної оптики з сучасними нелінійними оптичними системами для діагностики і терапії. Діагностика є інструментом для дослідження наносвіту, молекул, мікроскопічних за розмірами целюлярних структур, макроскопічної оцінки матеріалів і органів. При цьому, з використанням світла як носія інформації стає можливим спостереження матеріалу для визначення модифікованих структур і функцій. Діагностичному та терапевтичному застосуванню світла сприяє розвиток лазерних технологій. З вибором довжини хвилі, від ультрафіолетової до інфрачервоної та експозиції, стає можливим досягнення різних механізмів дії, які дозволяють здійснювати селективну дію на цільові структури [5,7,8]. Одним з найбільш актуальних напрямків в оптичних технологіях сьогодення стали дослідження діагностичних властивостей і біологічної дії лазерного випромінювання, не дивлячись на те, що перші досліди були розпочаті ще в середині шістдесятих років минулого століття, тобто відразу після появи перших серійних моделей лазерів [9]. Так, в монографії С. Файна і Е. Клейна (Fine S., Kleine E., 1965) розглянуті ефекти, пов'язані з ураженням тканин і органів людини інтенсивним лазерним випромінюванням [12,13]. Далі, на ряду з терапевтичним і інвазивним використанням лазерів в сільському господарстві [10,11] та медицині [12] все більшої актуальності набуває прецизійна діагностика біологічних об'єктів і процесів. Вимірювання пропускання, відбиття, розсіювання, авто- і флуоресценції представляють основу для проведення діагностики з використанням лазерного випромінювання [11]. Складність біологічних об'єктів, значна різноманітність в характері їх взаємодії з когерентним випромінюванням значною мірою зумовлює збільшення методів



діагностування, які були розвинені протягом останніх 40 років [14].

Відомо, що методи з використанням лазерного випромінювання успішно застосовуються для визначення розмірів, концентрації, а також форми оптично-неоднорідних розсіювачів у середовищі біологічних рідин, тканин і розвиваються в таких напрямках: – лазерна поляризаційна нефелометрія, яка базується на аналізі повної матриці розсіювання для вивчення макроструктури біологічних об'єктів; – голографія та інтерферометрія для отримання тривимірних зображень біооб'єктів; – лазерна поляриметрія для поляризаційної селекції інформації про структурну будову біотканин або отримання зображень оптично-анізотропних самоподібних макронеоднородностей біотканин [15,16].

Так, використання методу лазерної дифрактометрії дозволило визначити ранні прояви ендогенної інтоксикації хворих з деструктивним панкреатитом [17]. Поява токсинопродукцій у штамів *C.diphtheriae* після впливу низько інтенсивного лазерного випромінювання є перспективним для поліпшення діагностики та лікування дифтерійної інфекції [18].

Крім того, певні продукти метаболізму можуть бути виділені за допомогою флуоресцентної лазерної діагностики не тільки кількісно, але й за своєю функцією. Тобто, можливо розпізнавати дефекти в мітохондріальному дихальному ланцюзі керуючись зміною флуоресцентного сигналу, пов'язаного зі зміною редоксального стану [19].

Впровадження лазерних технологій сприяло розробці нових методів стоматологічної діагностики. Наприклад, можна відзначити наукову роботу німецьких вчених по розробці оптичного детектора для виявлення в зубній емалі хворобливих бактерій ще до початку розвитку карієсу [14]. Конфокальна лазерна скануюча мікроскопія набула значення сполучної ланки між дерматоскопією і гістологією, яка дозволяє отримувати горизонтальні розрізи *in vivo* через пласти епідермісу з високим квазігістологічним роздільним значенням і високим контрастом [20]. Ефекти когерентної доплеровської флоуметрії успішно використовуються при визначенні швидкості потоку крові в судинах ясен в залежності від різних факторів впливу, таких як жувальний тиск, холод або тепло [21]. Методи лазерної спектроінтерферометрії для вимірювання зсувів, деформацій, вібрацій, визначення форми і якості дифузних об'єктів використовуються для вирішення завдань медичної діагностики стану організму по біоспеклам шкіри [22]. У більшості, з вище перерахованих методів діагностики використовувався *He-Ne* лазер, як найбільш доступний інструмент дослідження в попередні 30 років. Однак, зі стрімким розвитком в області напівпровідникових технологій і створенням лазерних діодів, *Hi-Ne* – лазери втрачають, на нашу думку, свої позиції, поступаючись компактністю, потужністю, надійністю, споживанням струму і, найважливіше, вартістю.

Мета.

Підвищення точності вимірювання технічними засобами фізико-біологічних характеристик шерстного покриву та шкіри тварин.

Матеріали і методи дослідження.

Розглянемо фізичні явища, які відбуваються при відбиванні оптичного променя від поверхні вовни. Поверхню вовни можна розглядати як



середовище, яке розсіює з великою концентрацією центри розсіювання. Шершаву поверхню можна характеризувати в залежності від співвідношення кількості світла, що відбивається та поглинається. Ефекти люмінесценції, в нашому випадку, будемо вважати відсутніми.

Технічно якість вовни можливо оцінити тільки по відбитому випромінюванню. Проблема є в тому, що відсутній простий зв'язок між характеристиками поверхні, що досліджується та параметрами випромінювання у разі довільного його поглинання. Узагальнена модель відбиття оптичного випромінювання показана на (рисунок 1).

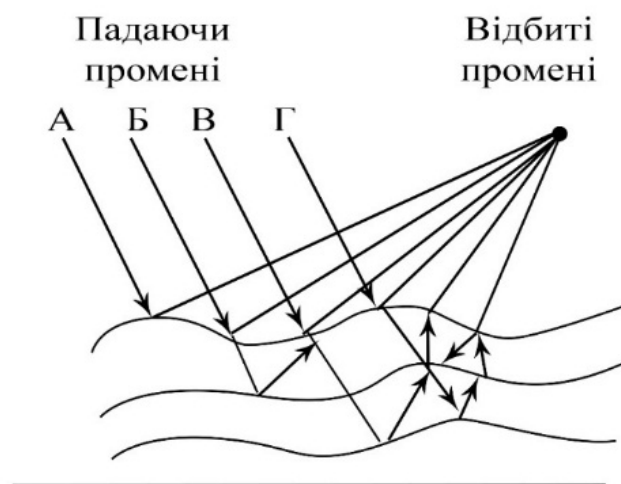


Рисунок 1 – Модель взаємодії оптичного випромінювання з вовною

Адекватна модель дозволить сформулювати вимоги до технічних засобів, перш за все до фотодатчиків, які призначені для забезпечення ефективного збору відбитого випромінювання.

Пучок падаючих паралельних променів світла (А,Б,В,Г) при відбиванні від поверхні вовни формується двома складовими:

- дзеркально відбитими променями від поверхні вовни;
- променями, що формуються в результаті розсіювання та відбиття від внутрішніх структур вовни.

Більша частина енергії падаючого світлового потоку поглинається та поширюється в глибокі шари вовни. Дзеркально відбиті від поверхні промені розповсюджуються від поверхні вовни під кутом рівним куту падіння. Дифузна складова відбитого променя має майже кругову діаграму спрямованості.

Для реалізації дистанційної технології вирішення задачі визначення якості вовни оптичним методом необхідно мати відомості про спектральні або колориметричні характеристики відбитого від поверхні вовни світлового потоку. В разі наявності зв'язку спектральних характеристик відбитого випромінювання з якістю (кольором) вовни задача може бути вирішена.

Освітлення поверхні вовни передбачається здійснювати джерелами монохроматичного випромінювання. Знаючи геометрію поширення світлових променів, відбитих від поверхні вовни та індикатриси розсіювання, можна отримати достовірну інформацію про характер поверхні.



Задачу визначення відбитого від поверхні випромінювання можна розглядати як задачу отримання характеристик шарів розсіювання по дифузному відображенню при умові, що внутрішні неоднорідності набагато більші довжини хвилі падаючого випромінювання [23].

Розглянемо більш детально процес формування індикатриси розсіювання світла. Процес відбиття будемо розглядати на мікро та макро рівнях (рисунок 2). На рисунку 2 прийняті наступні позначення: φ_0 – кут падіння; φ_1 – кут відбиття; φ_i – кут реєстрації складова відбиття; β_i, β_r – кути падіння і відбиття для мікромоделі; $Z = A \sin(2\pi x / \ell) = A \sin(gx)$ – крива профілю поверхні відбиття; ℓ – довжина хвилі нерівностей поверхні, A – амплітуда нерівностей поверхні.

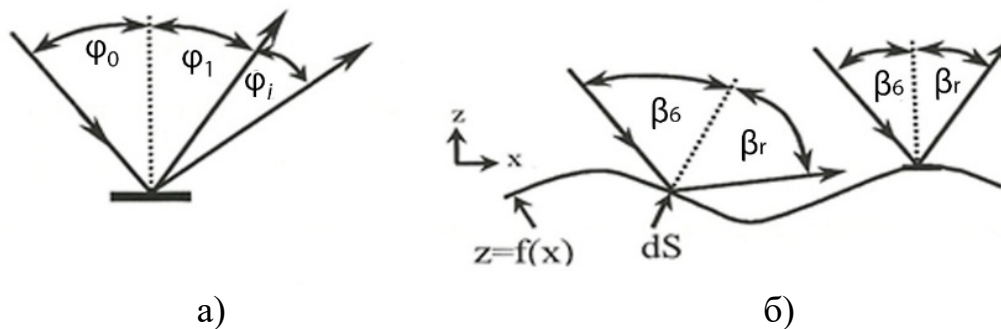


Рисунок 2 – Моделі відбиття світла:
а – кути падіння та відбиття макроскопічному рівні;
б – відбиття світла на мікроскопічному рівні

Як зазначено вище, відбитий потік світла складається з двох складових. Проаналізуємо вклад кожної з них. Потужність відбитого від поверхні світлового потоку дорівнює [24]:

$$F(\varphi_i) = \int_S \int_{\beta} I_0 \bar{k}(\lambda\varphi_0) r(\beta_{np}) ds d\lambda_r, \tag{1}$$

де: I_0 – інтенсивність світлового променя, що падає під кутом φ_0 ;

$\kappa(\varphi_0)$ – одиничний вектор у напрямку падаючого променя;

$r(\beta_0)$ – френелівський коефіцієнт відбиття поверхні;

dS – елемент поверхні відбиття;

S, γ – області інтегрування по поверхні і по кутах.

При заміні змінних в (1):

$$\beta_i = \varphi_i + \varphi_r/2, \quad K(\varphi_i) = z \cos \varphi_i - x \sin \varphi_i.$$

Інтеграл по поверхні можна замінити на лінійний по x і помножений на L_y (профіль поверхні не залежить від y), функцію $r(\gamma_0)$ можна вважати постійною і рівною $r(\varphi_0)$, що справедливо для малого кута збору $\varphi_{відб}$, тоді можна записати:

$$F(\varphi_i) = I_0 L_y N_r(\varphi_i) \int_{x_1}^{x_2} [\cos \varphi_i + Ag \sin \varphi_i \cos(gx)] dx, \tag{2}$$

де $N = 2L_x g / 2\pi$ – число відбиваючих областей на довжині L_x .

Межі інтегрування x_1, x_2 визначаються умовами, при яких відбиті промені будуть потрапляти у приймач за період осциляцій поверхні:



$$Tg(\varphi_t/2) = Ag \cos(gx) \quad (3)$$

При малих значеннях $\Delta\varphi_t$:

$$x_1 = \pi(2g \pm \Delta x), \quad x_2 = \pi 3/2g \pm \Delta x,$$

де $\Delta x = \Delta\varphi_t / (2Ag^2)$.

Межі інтегрування для гладкої поверхні ($Ag \ll 1$) будуть від 0 до π/g , а зареєстрована приймачем потужність відповідає співвідношенню для гладкої поверхні:

$$F(\varphi_i) = L_0 L_x L_y r(\varphi_i) \cos \varphi_i = P_0 r(\varphi_i), \quad (4)$$

Вовна має вкрай не гладку поверхню ($Ag \gg 1$). В такому випадку рівняння (2) можна представити у вигляді:

$$F(\varphi_i) = L_0 L_y N_r(\varphi_i) 2\Delta x \cos \varphi_i = L_0 L_y N_r(\varphi_i) \frac{\Delta\phi_r}{\pi Ag} = P_0 r(\varphi_i) \frac{\Delta\phi_{отр}}{2\pi Ag}, \quad (5)$$

де $P_0 = I_0 L_y N \cos \varphi_i$.

Таким чином, сигнал, що реєструється фотоприймачем за рахунок відбиття від поверхні вовни, залежить від амплітуди просторової частоти осциляцій поверхні, тобто, від шершавості поверхні. Крім того, ці параметри можуть залежати також від відстані та часу вимірювання, що може приводити до додаткових апаратних похибок вимірювання якості поверхні вовни.

Технічна реалізація.

Поставлена мета досягається тим, що в схему пристрою для вимірювання фізико-біологічних характеристик шкіри та волосяного покриву включені лазерні модулі чотирьох типів, які випромінюють синє світло (405 нм), зелене (532 нм), червоне (650 нм) та ближнє інфрачервоне (780 нм) з можливим відхиленням довжини хвилі ± 1 нм.

Розроблений вимірювач містить імпульсне джерело живлення, блок комутації живлення лазерних діодів, лазерні модулі та фотоприймач відбитого волосяним покривом та шкірою випромінювання, конструктивно розміщені всередині оптичної головки, притискуючу пружину, блок обробки даних та індикатор вимірюваних величин (рисунки 3).

Пристрій працює наступним чином: імпульсна напруга з джерела живлення поступає на комутаційний пристрій, який забезпечує послідовне імпульсне ввімкнення чотирьох лазерних джерел випромінювання [25].

В подальшому їх випромінювання направляється за допомогою оптичної головки почергово на досліджувану ділянку. Фотоприймач забезпечує вимірювання інтенсивності відбитого об'єктами випромінювання на всіх довжинах хвиль. Виміряні величини запам'ятовуються і обробляються в блоці обробки даних, після чого визначені величини ступеня МП шерстного покриву або рівня вираження еритеми шкіри відображаються на індикаторі [26].

Крім того, спектр дифузного відбиття шерсті дозволяє визначити її спектральний склад ефективної оптичної густини – параметра, який є джерелом кількісної інформації про поглинаючі властивості шерстини. Відомо, що падаючий промінь світла частково відбивається, а частково поглинається, причому,



відбите світло набуває дифузного характеру. Так, при потраплянні променю на окрему волосину, яка своєю структурою нагадує світловод, відбувається часткова рефлексія на поверхні волосини з подальшим проходженням променю всередину, де відбувається часткове поглинання, а також рефлексія на внутрішніх стінках, далі промінь виходить на зворотній стороні волосини – трансмісія.

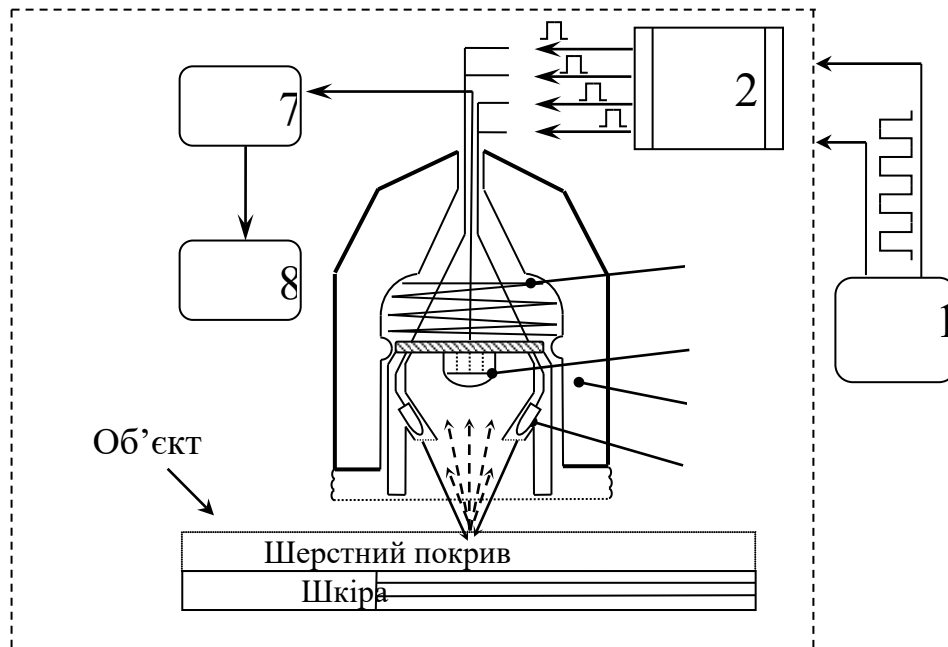


Рисунок 3 – Пристрій для вимірювання фізико-біологічних характеристик шерстного покриву та шкіри [авторська розробка]

Таким чином, по дифузній частині відбитого променя можна зробити висновок про внутрішню структуру, тобто про колір шерсті.

Схема керування пристроєм (рисунок 4) працює наступним чином. Перед початком сортування вівців по кольору шерсті для подальшого стриження або утримання електротехнічне обладнання підключають до мережі через блок живлення – 1, який перетворює напругу в необхідне значення. При наявності тварини в пункті діагностики проводиться визначення кольору шерсті завдяки роботі блоку лазерної діагностики – 2. Потім контролер – 3 формує два керуючі сигнали: один на електропривод – 4 рухомої платформи, яка повертається навпроти відповідного проходу до боксів в залежності від визначеного кольору; другий на електропривод – 5 воріт рухомої платформи, і тварини потрапляють у відповідний бокс. Інформація про процес сортування вівців виводиться на блок візуалізації – 6, якою користується оператор при роботі [27].

Для отримання кореляцій між ступенем пігментації (кольору) шерсті і спектром дифузного розсіювання, а також обґрунтування доцільності використання зазначених методу і пристрою, були проведені, експериментальним шляхом, дослідження по вимірюванню спектральних залежностей коефіцієнтів дифузного відбиття з використанням спектрометра QE65000 (*Ocean Optics*), з ксеноновою імпульсною лампою РХ-2, в якості джерела збудження. Для цього досліджувані зразки (рисунок 5) розміщувалися



в тримачі кювету, на яку по оптичним волокнам передається випромінювання, а зворотне випромінювання в двомірний детектор спектрометра.

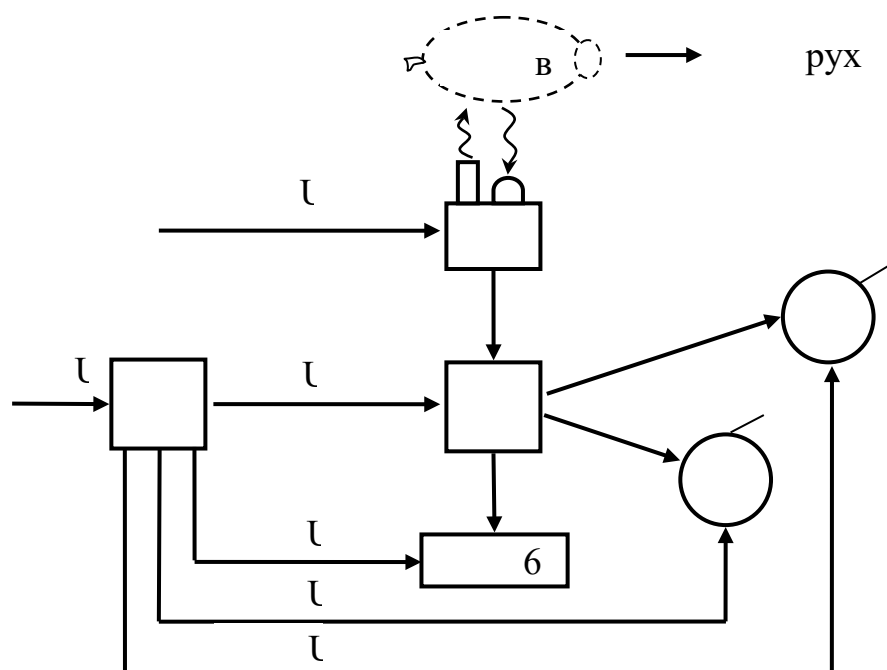


Рисунок 4 – Схема керування пристроєм [авторська розробка]



Рисунок 5 – Досліджувані зразки шерсті:

1 – світла; 2 – середньо-сіра; 3 – темно-сіра [авторська розробка]

Результати дослідження та їх обговорення.

З графіку (рисунок 6) чітко видно кореляцію між ступенем пігментації ділянки шкіри з шерстю і інтенсивністю дифузно-відбитого оптичного випромінювання, отримані показники можуть бути використані для об'єктивного визначення фенотипу шкіри та шерсті тварин шляхом використання даних показників в стандартній моделі формування кольору.

Висновок.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень було розроблено пристрій, який покращує та розширює можливості інструментальної та неінвазивної діагностики шерстного покриву та шкіри тварин, а його компактність і мобільність надають можливість широкого застосування вимірювача в умовах сільськогосподарського виробництва.

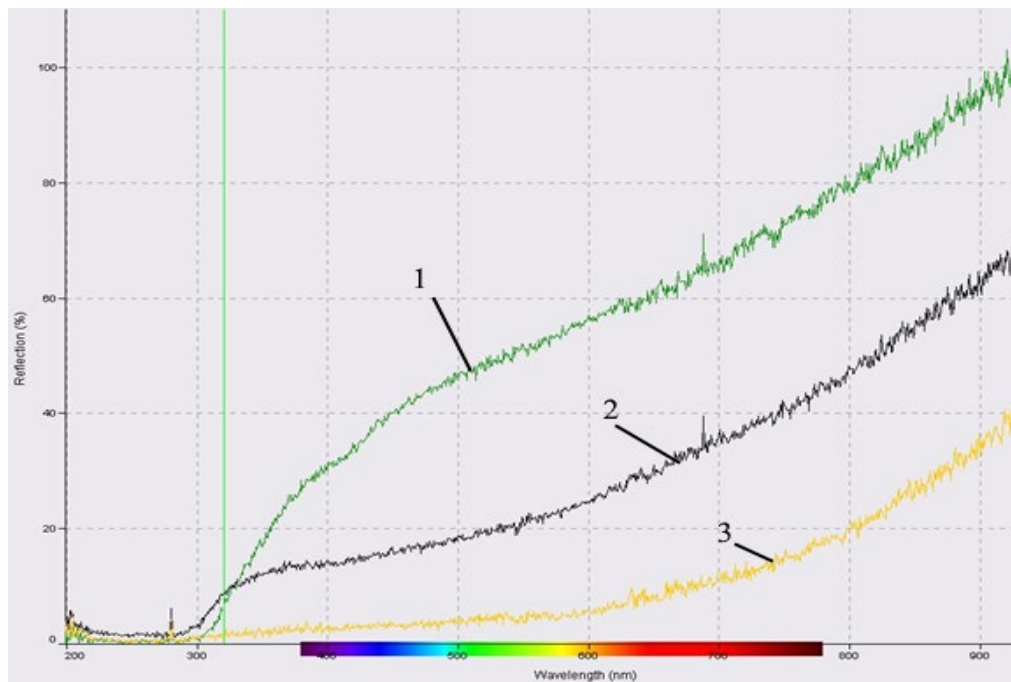


Рисунок 6 – Вимірювання спектральних залежностей коефіцієнтів дифузного відбиття шкіри зовнішнього покриву вівці за ступенем пігментації (кольору) шерсті [авторська розробка]

Література

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / За ред. НААН України Я.М. Гадзала, М.І. Бащенко, В.М. Жука, Ю.О. Лупенка – К.: Аграр. Наука, 2016. – 216 с.
2. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / За ред. акад. НААН М.І. Бащенко – К.: Аграр.наука, 2017. – 160 с.
3. Цибух А.В. Застосування лазерного випромінювання в методах визначення меланіну в шерсті тварин: Матер. XXVII Межд. науч.-прак. конф. "Применение лазеров в медицине и биологии" (18-21 апреля 2007 г.) / – Х.: ХНУ, 2007. – С.168-169.
4. Червинський Л.С. Оптичні технології в тваринництві – К.: Наукова думка, 2003. – 203 с.
5. Лазерные технологии в сельском хозяйстве / Тематический сборник: [под. ред. А.Ю. Филатова] – М.: Техносфера, 2008 – 272 с.
6. Bertolotti M. The history of the laser / M. Bertolotti // Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia, PA 19106, - USA, 2005. – 315 p.
7. Прикладная лазерная медицина: [учебное и справочное пособие] / Х.П. Берлиена, Г.Й. Мюллера; [пер. с нем.] – М.: АО "Интерексперт", 1997. – С. 356.
8. Posudin Yuriy. Practical Spectroscopy in Agriculture and Food Science / Posudin Yuriy // Science Publishers, Enfield, 2007. – 196 p.
9. Hering E. Photonik / E. Hering, R. Martin // Springer Grundlagen, Technologie und Anwendung, 2006. – 523 p.
10. Лисиченко М. Л. Низькоенергетичні лазерні електротехнології в тваринництві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. тех. наук: / М.Л. Лисиченко; Хар. нац. техн. ун-т с.г. ім. П. Василенка – Х.:, 2006. – 40 с.: іл.,



табл. – бібліогр.: с. 3-20.

11. Цибух А.В. Аналіз застосування лазерного випромінювання в сільському господарстві // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України – Х.: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 101. – С. 92-100.

12. Прикладная лазерная медицина: [учебн. и справочн. пос. / под ред. Х.П. Берлиена, Г.Й. Мюллера] – М.: АО "Интерексперт", 1997. – С. 356.

13. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1998. – 384 с.

14. Fischer E.P. Laser, Eine deutsche Erfolgsgeschichte von Einstein bis heute / E.P. Fischer – Hamburg: Siedler, 2010. – 304 s.

15. Ушенко О. Г. Лазерна поляриметрия світлорозсіюючих об'єктів і середовищ: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. фіз.-мат. наук: 01.04.05. / О.Г Ушенко; Чернів. Нац. ун-т ім. Ю. Федьковича – Чернівці: 2001. - 44 с. : іл., табл. – бібліогр.: с. 5-18.

16. Тучин В.В. Исследование биотканей методами светорассеяния // Успехи физических наук – 1997. – Т. 167. – С.517-539.

17. Медведенко А.Ф. Использование лазерной дифрактометрии в определении тяжести эндогенной интоксикации / А.Ф. Медведенко, И.Е. Верхулецкий, Ю.Г. Луценко // Матер. XXV Межд. научн.-практ. конф. ["Применение лазеров в медицине и биологии"], (Харків, 8-10 жовтня 2006 р.) – Х.: НИИ ЛБ и ЛМ ХНУ им. В.Н. Каразина, 2006. – С. 39-40.

18. Ценева Г.Я. Перспективы использования НИЛИ в диагностике дефтерийной инфекции / Г.Я. Ценева, В.А. Грабина, Л.А. Краева, Г.Я. Ценева // Матер. XXV Межд. научн.-практ. конф. ["Применение лазеров в медицине и биологии"], (Харків, 8-10 жовтня 2006 р.) – Х.: НИИ ЛБ и ЛМ ХНУ им. В.Н. Каразина, 2006. – С. 86-87.

19. Schneckenburger H. Laser in der Diagnostik am Beispiel der Fluoreszenz-Diagnostik und Laser Mikroskopie / H. Schneckenburger, M.H. Gschwend // Lasertechnologien und Lasermedizin. – Berlin: Landsberg: ecomed, 1966. – S. 93-961.

20. Branzan A.L. Konfokale laser scannende Mikroskopie in der Diagnostik pigmentierter Hauttumoren / – Regensburg: 2006. – 95 s.

21. Vaab D.A. Gingival blood flow measured with a laser Doppler flowmeter / Journal of periodical research // D.A. Vaab, A. P. Oberg, G.A. Holloway Volume 21 Issue 1. 1986. – P. 73-85.

22. Шебалин А. Лазерная мед. диагностика состояния организма по биоспеклам кожи // Фотоника – М.: Техносфера, 2008. – С.14-18.

23. Дуброва Г.С. О диффузионном пропускании и отражении толстых слабопоглощающих слоев при плотной упаковке частиц / Г.С. Дуброва, А.Я. Хайрулина // ЖПС. –1988, –№5. –С.832-835.

24. Dawson J.B., Barker D.J., Ellis D.J., Grassam E, Cottenll J.A., Fisher G.W., Feather J.W. A theoretical and experimental study of light absorption and scattering by in vivo skin // Phys. Med. Biol. – 1980. – Vol.25. – P.695–709.

25. Патент на корисну модель №70157, Україна. МПК G01N 21/01



(2006.01), G01N 33/48 (2006.01) Прилад для вимірювання фізико-біологічних характеристик шерстного покриву на шкіри / А.В. Цибух, М.Л. Лисиченко, В.В. Холін (Україна) – № у 2011 14174; Заявлено 30.11.2011; Опубл. 25.05.2012. Бюл. № 10. – 6 с.

26. Патент на корисну модель №71015, Україна. МПК А61В 5/00 (2012.01) Спосіб визначення фізико-біологічних характеристик шерстного покриву та шкіри тварин / А.В. Цибух, М.Л. Лисиченко (Україна) – № у 2012 01015; Заявлено 31.01.2012; Опубл. 25.06.2012. Бюл. № 12. – 6 с.

27. Патент на корисну модель № 128481, Україна. МПК С14В 17/06 (2006.01). Спосіб подачі овець на стриження / А.В. Цибух, М.Л. Лисиченко (Україна) – № у 2018 00936; Заявл. 01.02.2018; Опубл. 25.09.2018. Бюл. № 18. – 3 с.

References:

1. Hadzala, Ya.M., Bashchenka, M.I., Zhuka, V.M. and Lupenka, Yu.O. (2016), *Stratehiia rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva v Ukraini na period do 2025 roku* [Strategy for the development of agricultural production in Ukraine until 2025], in Hadzala, Ya.M., Bashchenka, M.I., Zhuka, V.M. and Lupenka, Yu.O. NAAN (ed.), Ahrar. nauka, Kyiv, Ukraine.

2. Bashchenka, M.I. (2017), *Tvarynnytstvo Ukrainy: stan, problemy, shliakhy rozvytku (1991-2017-2030 rr.)* [Livestock of Ukraine: state, problems, ways of development (1991-2017-2030)], in Bashchenka, M.I. akad. NAAN (ed.), Ahrar. nauka, Kyiv, Ukraine.

3. Tsybukh, A.V. (2007), “Application of laser radiation in methods for determination of melanin in animal fur”, *Mater. XXVII Mezhd. nauch.-prak. konf. "Prymenenye lazerov v medytsyne y byolohyy"* [Mater. XXVII Intern. scientific-practical conf. “Application of lasers in medicine and biology”], “Prymenenye lazerov v medytsyne y byolohyy” [“Application of lasers in medicine and biology”], Kharkiv, Ukraine, April 18-21, pp. 168-169.

4. Chervynskiy, L.S. (2003), *Optychni tekhnologii v tvarynnytsvi* [Optical technologies in animal husbandry], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine.

5. Filatova, A.Yu. (2008), *Lazernyye tekhnologii v selskom hozyaystve* [Laser technologies in agriculture], in Filatova, A.Yu. (ed.), Tekhnosfera, Moscow, Russia.

6. Bertolotti, M. (2005), *The history of the laser*, Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia, USA.

7. Berliena, H.P. and Myullera, G.Y. (1997), *Prikladnaya lazernaya meditsina* [Angewandte Lasermedizin], AO InterEkspert, Moscow, Russia.

8. Posudin, Yu. (2007), *Practical Spectroscopy in Agriculture and Food Science*, Science Publishers, Enfield, England.

9. Herring, E. and Martin, R. (2006), *Photonik. Jumpers of bases, technology and application* [Photonics. Springer basics, technology and application].

10. Lysychenko, M.L. (2006), “Low-energy laser electrotechnologies in animal husbandry”, Abstract of doctor of technical sciences dissertation, Kharkiv Petro Vasilenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine.

11. Tsibuh, A.V. (2010), “Analysis of the use of laser radiation in agriculture”, *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka: Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberezhennia v APK Ukrainy*, no. 101, pp. 92-100.

12. Berliena, H.P. and Myullera G.J. (1997), *Prikladnaya lazernaya medicina* [Applied laser medicine], in Berliena, H.P. and Myullera G.J. (ed.), AO Interekspert, Moscow, Russia.

13. Tuchin, V.V. (1998), *Lazery i volokonnaya optika v biomedicinskih issledovaniyah*, [Lasers and fiber optics in biomedical research], Sarat., Sarat, Russia.

14. Fishing, E.P. (2010), *Laser, one German successful history of Einstein up to today*, [Laser, a German success story from einstein to today], Siedler, Hamburg, Germany.



15. Ushenko, O.H. (2001), "Laser polarimetry of light-induced objects and middle oceans", Abstract of doctor of physical and mathematical sciences dissertation, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.
16. Tuchin, V.V. (1997), "Research of biotissues by light scattering methods", *Uspekhi fizicheskikh nauk*, vol. 167, no. 5, pp. 517-539.
17. Medvedenko, A.F., Verhuleckij, I.E. and Lucenko, Yu.G. (2006), "Use of laser diffractometry in determining the severity of endogenous intoxication", *Mater. XXV Mezhd. nauch.-prak. konf. "Prymenenye lazerov v medytsyne y byolohyy"* [Mater. XXV Intern. scientific-practical conf. "Application of lasers in medicine and biology"], "Prymenenye lazerov v medytsyne y byolohyy" ["Application of lasers in medicine and biology"], Kharkiv, Ukraine, October 8-10, pp. 39-40.
18. Ceneva, G.Ya., Grabina, V.A. and Kraeva, L.A. (2006), "Prospects for the use of NIL in the diagnosis of diphtheria infection", *Mater. XXV Mezhd. nauch.-prak. konf. "Prymenenye lazerov v medytsyne y byolohyy"* [Mater. XXV Intern. scientific-practical conf. "Application of lasers in medicine and biology"], "Prymenenye lazerov v medytsyne y byolohyy" ["Application of lasers in medicine and biology"], Kharkiv, Ukraine, October 8-10, pp. 86-87.
19. Schneckenburger, H. and Gschwend, M.H. (1966), "Laser in diagnostics using the example of fluorescence diagnostics and laser microscopy", *Lasertechnologien and Lasermedizin*, pp. 93-961.
20. Branzan, A.L. (2006), *Konfokale laser scannende of microscopy in diagnostics pigmentierter hauttumoren* [Confocal laser scanning microscopy in the diagnosis of pigmented skin tumors], Regensburg, Germany.
21. Baab, D.A., Oberg, A.P. and Holloway, G.A. (1986), "Gingival blood flow measured with a laser Doppler flowmeter", *Journal of periodical research*, vol. 21, no. 1, pp. 73-85.
22. Shebalin, A. (2008), "Laser honey. diagnostics of the state of the organization on skin biospecial", *Fotonika*, pp. 14-18.
23. Dubrova, G.S. and Hajrulina, A.Ya. (1988), "On diffusion transmission and reflection of thick weakly absorbing layers during dense packing of particles", *ZHPS*, no. 5, pp. 832-835.
24. Dawson, J.B., Barker, D.J., Ellis, D.J., Grassam, E., Cottenll, J.A., Fisher, G.W. and Feather J.W. (1980), "A theoretical and experimental study of light absorption and scattering by in vivo skin", *Phys. Med. Biol.*, vol. 25, pp. 695-709.
25. Tsybukh, A.V., Lysychenko, M.L. and Kholin, V.V., HNTUSG im. Vasilenka, P. (2012), *Prylad dlia vymiriuvannia fizyko-biolohichnykh kharakterystyk sherstnoho pokryvu na shkiry* [Device for measuring the physical and biological characteristics of the coat on the skin], Kharkiv, Ukraine, Pat. №70157.
26. Tsybukh, A.V. and Lysychenko, M.L., HNTUSG im. Vasilenka, P. (2012), *Sposib vyznachennia fizyko-biolohichnykh kharakterystyk sherstnoho pokryvu ta shkiry tvaryn* [A method for determining the physical and biological characteristics of the coat and skin of animals], Kharkiv, Ukraine, Pat. №71015.
27. Tsybukh, A.V. and Lysychenko, M.L., HNTUSG im. Vasilenka, P. (2018), *Sposib podachi ovets na stryzhennia* [Method of feeding sheep for shearing], Kharkiv, Ukraine, Pat. № 128481.

Abstract. It is considered the relevance of the device for determining the color of the coat of animals in modern agriculture, its components and the principle of operation, as well as clear correlations between shades of wool and the value of optical radiation absorption, conducted experimentally, studies using a spectrometer. The developed device improves and expands the possibilities of instrumental and non-invasive diagnostics of fur and animal skin, and its compactness and mobility allow the wide application of the meter in agricultural production.

Key words: wool, optical radiation, lasers, melanin pigmentation, diffuse reflection wool.



УДК 004.2

SUM OF ABSOLUTE DIFFERENCES ALGORITHM IMPROVEMENT BY CHARACTERISTIC POINTS USAGE**ПОКРАЩЕННЯ АЛГОРИТМУ СУМИ АБСОЛЮТНИХ РІЗНИЦЬ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ХАРАКТЕРНИХ ТОЧОК****Dibrivniy O.A. / Дібрівний О.А.***Ph.D student/ senior lecturer***Grebenuk V.V./ Гребенюк В.В.***Ph.D student/ senior lecturer**State University of Telecommunications, Kyiv, Solomianska Street 7, 03110**Державний університет телекомунікацій, Київ, вул. Солом'янська 7, 03110*

Abstract. The main goal of article is to propose and illustrate results of work of sum absolute differences algorithm with usage of characteristic points. During the study, calculation of sum of absolute differences in results received from usage of classical SAD and offered algorithm were calculated. Calculation was conducted on two sets of data, for 1920x1080 frame resolution - generated through usage of random values and real video data. Relative differences of results obtained with proposed algorithm and results of classical algorithm was calculated. A number of proposals for the implementation of the proposed algorithm in the method of motion compensation were formed.

Key words: SAD, YUV 4:2:0, motion compensation, image differences, video compressing.

Introduction.

Addressing video compression has been a priority since the advent of digital video, and has become even more important as a result of the global promotion of the Internet, namely online cinemas and online conferences, for which video size plays a major role. One of the main algorithms used in the compression and processing of video data is the motion compensation algorithm. The algorithm uses the similarity of neighboring frames in the video sequence and finds the motion vectors of individual parts of the image (usually macroblocks of 16×16 or 8×8 pixels). The use of motion compensation allows you to significantly reduce the size of the output file by removing redundancy in the form of matching parts of frames. The algorithm is used both for compression and for filtering and changing the frame rate of the video sequence. Despite the widespread use of motion compensation, the algorithm has 2 main implementation problems, the improvement of which can significantly reduce the size of the output file and encoding / decoding time, which is especially important for real-time video transmission. This article focuses on one of these areas, namely the algorithm for estimating the similarity of macroblocks.

Literature analysis

After analyzing recent studies, it was found that the most commonly used metric for comparing two images is the sum of absolute differences (SAD). SAD is an extremely fast indicator due to its simplicity. In essence, this is the simplest of the possible metrics, which raises each pixel in a block and is calculated by taking the absolute difference between each pixel in the input macroblock and the corresponding pixel in the block used for comparison. These differences are summed to create a simple block similarity metric. Also, it is very effective for a wide search for motion vectors across many blocks. Another advantage of SAD is its relatively



easy parallelization, as it analyzes each pixel separately, which makes it possible to implement the algorithm with instructions such as ARM NEON or x86 SSE2. For example, the SSE has an internal absolute difference sum (PSADBW) instruction specifically for this purpose. However, for all its simplicity, the number of operations for video with a frame size of 1920x1080 pixels can reach 10: 8 degrees, for each unit and usually takes from 40 to 80% of the total coding time of the video flood. The accuracy of the GARDEN algorithm is usually not sufficient to form the correct motion vectors and in most cases after finding the candidate blocks, the final refinement of the motion estimation process is often performed using other, slower but more accurate metrics that better take into account human perception.

The purpose of this article is to evaluate the performance of modifications of the SAD method, which will increase the speed of finding candidate blocks in the process of motion compensation.

Main text.

In the vast majority of video sequences, the pixels of the frames are presented in RGB (red green blue) - 8bit color format - the values of the color components vary in the range of 0-255. It should be noted that when compressing the video stream, the initial video stream is converted to YUV 4:2:0 (where Y is the brightness component, UV is the color saturation component), the implementation of which is possible due to the specifics of human perception of color (human eye is more sensitive to brightness color changes, as well as little sensitive to change B image components). Also, the frame weight of the video stream should be a multiple of 16 (in the study we will focus on the frame size for Full HD (1920x1080)). To determine the SAD for the two frames A and B, we can write the following formula:

$$SAD(A, B) = \sum_{i=2}^n |a_i - b_i| \quad (1)$$

where $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ and $B = \{b_1, \dots, b_n\}$ - sets of pixel data of the corresponding frames. When compressing the video stream, the absolute difference is calculated for macroblocks of 16x16 pixels. Thus for comparison of two blocks 256 operations of subtraction and as many operations of addition are carried out. In order to reduce the number of operations, we proposed to supplement the SAD algorithm by searching by characteristic points, namely to use a chess grid of pixel busting (Figure 1).

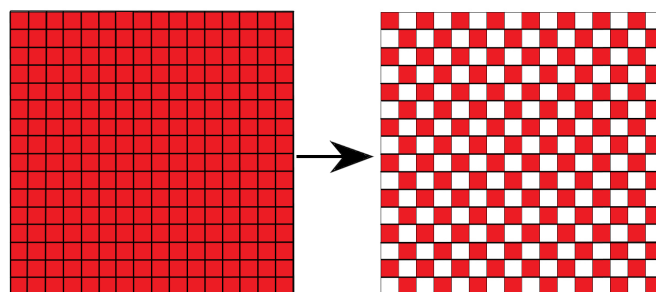


Figure 1. Pixels that used in SAD calculation.

Thus the number of operations for one block and as a result the total search time of candidate blocks will be reduced by 2. For convenience, the proposed algorithm will be called half SAD - HSAD.



For estimation of proposed algorithm results relatively to classical SAD algorithm, assessment was performed for two data sets. The first set is matrix with size corresponding to the extension of the selected frame size - 1920x1080, with cells values created by randomizing in the range from 0 to 125. After calculating the absolute difference of sums, the difference between these values for the classical algorithm and the proposed the value of the HSAD result relative to the classical algorithm was calculated and presented on Figure 2.

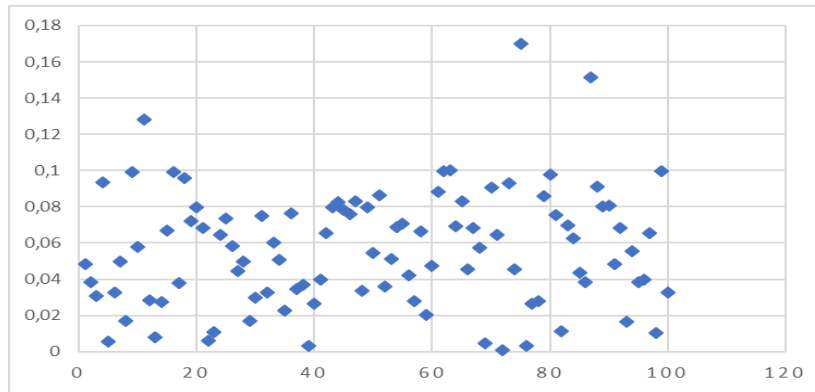


Figure 2. Distribution of the relative difference of values of classical and proposed algorithms.

As can be seen from the graph, the maximum deviation was 17% of the value of SAD obtained by the classical algorithm. In this case, 97% of the values did not exceed the mark of 10% of the value of SAD obtained by the classical algorithm. For real data, these values will be significantly lower, because of lower distribution of pixel components values for same objects especially for areas of 16x16 pixels. As result the absolute difference of pixels and pixels deviation of values will be significantly lower.

The second set of data was video recorded without compression using OBS-Studio, divided into frames in .png format, with a frame size of 1920x1080 and YUV color format 4: 2: 0 (12 bits per pixel) (Figure 3).

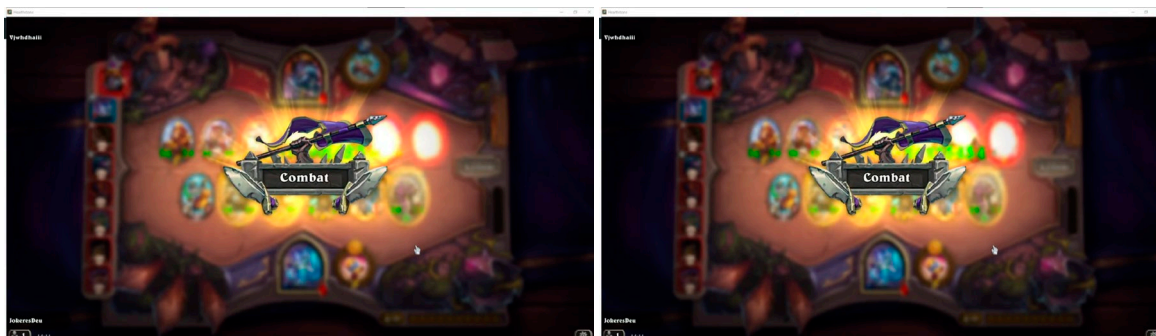


Figure 3. Input images for SAD and HSAD algorithms.

For these frames, the absolute difference between the images was estimated using the work of the classical SAD and HSAD supplemented by the algorithm of optimization of noise-distortion (RDO), as a result the figure thaw shows difference between the frames of the sequence was obtained (Figure 4).

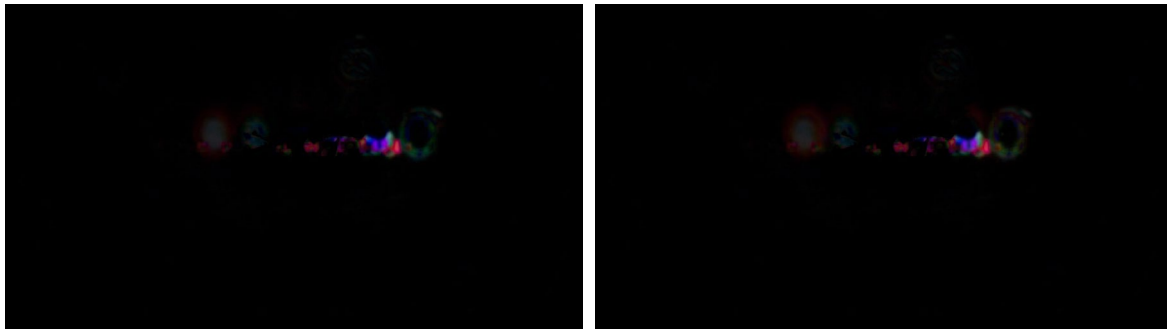


Figure 4. Input images for SAD and HSAD algorithms.

The difference between the pictures obtained by the classic SAD and HSAD was then estimated (Figure 5).

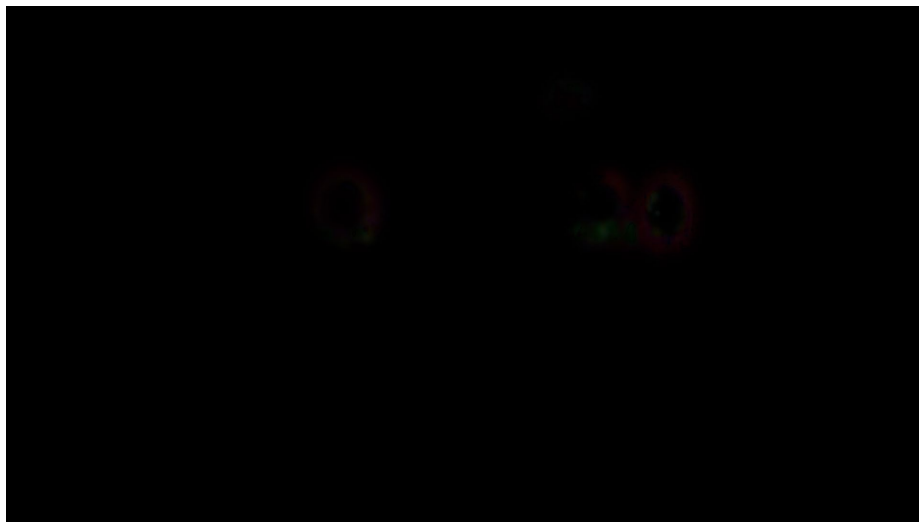


Figure 5. Input images for SAD and HSAD algorithms.

It is noticeable that the difference in the frame is barely visible and is manifested in the form of a slight change in color and the appearance of artifacts on the borders of objects. The maximum deviation in the absolute difference of the sums for the classical and the proposed algorithms was 2.13%. At the same time, the execution time of the calculation of the absolute difference of the amounts was halved.

Conclusions.

The proposed approach significantly reduces the time of calculation of the sum of absolute difference, while video compressing process with usage of motion compensation, which will result in a reduction of the total coding time of the video stream by 20-40%. The maximum relative deviation of the sum of absolute difference calculated by the proposed method does not exceed 20% for randomized data and 2.13% for real video sequence, which is significantly compensated by the usage of the optimization of noise-distortion algorithm when choosing the final macroblock from the candidate blocks. The disadvantage of this method is the change of colors and the appearance of artifacts on the edges of objects, which can be eliminated by one of the methods of determining the edges of the object such as gradient alignment, which is performed by translating images into shades of gray.



References:

1. Chen et al T.C. ‘Analysis and Architecture Design of an HD720p 30 Frames/s H.264/AVC Encoder, IEEE Trans. Cir. Syst. Video Tech., vol. 16, no. 6, 2006 – 673-688pp.
2. Deng L., Gao W., An efficient hardware implementation for motion estimation of AVC standard, IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 51, no. 4, 2005 – 1360-1366pp.
3. Duanmu X. Q., Duanmu C. J., Zou C. R. A multilevel successive elimination algorithm for block matching motion estimation, IEEE Trans. Image Process, vol. 9, no. 3, 2005 – 501-504pp.
4. Liu J., Yuan L., Xie X. (2016) ‘Hardware-Oriented Adaptive Multiresolution Motion Estimation Algorithm and Its VLSI Architecture’, vol.78, no.1, 2016 – 4799-5341pp.

Статья отправлена: 12.01.2021 г.
© Дібрівний О.А., Гребенюк В.В.



УДК 58.035.4

SIMULATION MODELING OF BEAN QUALITY DETERMINATION PROCESS DEPENDING ON THE PARAMETERS OF LASER IRRADIATION OF ITS ROOT SYSTEM BASED ON FUZZY MAMDANI ALGORITHM

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ КВАСОЛІ
В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЇЇ КОРЕНЕВОЇ
СИСТЕМИ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО АЛГОРИТМУ МАМДАНІ

Sukhin V.V. / Сухін В.В.

ORCID: 0000-0002-6554-3992

Lysychenko M.L. / Лисиченко М.Л.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0003-1611-6705

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture,

Kharkiv, str. Alchevskih, 44, 61002

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, Харків, вул. Алчевських, 44, 61002

Анотація. Стаття присвячена шляху розв'язку одного з проблемних питань, пов'язаного із застосуванням методу лазерної обробки сільськогосподарських культур, вирощуваних різними способами на відкритому і захищеному ґрунті. Воно стосується визначення необхідних параметрів низькоенергетичного лазерного випромінювання (потужність випромінювання $P_{\text{ЛВ}}$, Вт і довжини хвилі лазера $\lambda_{\text{ЛВ}}$, нм) для забезпечення активаційного ефекту від його впливу у вигляді отримання високої кількості і якості вирощених рослин. В даній роботі, висвітлюється процес визначення якості квасолі вирощеної гідропонним способом Q за 10 бальною шкалою на кореневу систему якої відбувається вплив різними значеннями параметрів низькоенергетичного лазерного випромінювання, якими є потужність випромінювання, що належить такому числовому проміжку $P_{\text{ЛВ}} \in [0; 50]$ Вт, і довжина хвилі з даним проміжком $\lambda_{\text{ЛВ}} \in [0; 960]$ нм.

Метою роботи є застосування нечіткого алгоритму Мамдані та проведенні на його основі імітаційного моделювання процесу визначення якості квасолі Q в залежності від значень $P_{\text{ЛВ}}$ і $\lambda_{\text{ЛВ}}$ в комп'ютерній програмі MatLab з використанням бібліотеки Fuzzy Logic Toolbox. В результаті моделювання отримана графічна функціональна залежність якості вирощеної квасолі від параметрів випромінювання лазера $Q = f(P_{\text{ЛВ}}, \lambda_{\text{ЛВ}})$, діапазони зміни яких приведені вище. Так, найвище значення якості квасолі, $Q = 8$ балів, формуватиметься при $P_{\text{ЛВ}} = (30 \div 50)$, Вт і $\lambda_{\text{ЛВ}} = 550$, нм. В кінцевому вигляді, реалізація нечіткого алгоритму Мамдані, що спирається на дані експертних оцінок з даного питання і проведення на його основі імітаційного моделювання, має гарні передумови, що забезпечують зменшення складності і часу на застосування і дають чіткіші значення параметрів лазерної обробки на відміну від інших математичних моделей і методів.

Ключові слова: лазер, сільськогосподарська культура, корінь рослини, система нечіткого логічного виведення, алгоритм, якість, математична модель, параметр, гідропоніка.

Вступ. На даний час сільське господарство є однією з пріоритетних галузей економіки України. Її розвиток формуватиме збільшення матеріального добробуту населення, укріпленню економічної і продовольчої безпеки країни,



підвищенню кількості експортної продукції [1].

Провідною галуззю сільського господарства виступає рослинництво, що забезпечує країну різними продуктами харчування, тваринництво – кормами високої якості, переробні підприємства агропромислового комплексу – потрібною сировиною [2]. Основним завданням даної галузі є виробництво різних видів продукції рослинництва в необхідному об'ємі, доступній вартості і високій якості для задоволення потреб споживачів. Вирощування тих або інших рослин може відбуватися на відкритому і захищеному ґрунті з використанням ґрунтового (класичного) і гідропонного способу. Всі вони мають свої певні переваги та недоліки. В зв'язку з великою кількістю чинників (розширення періоду вегетації, забезпечення овочами цілий рік, захищення насіння та розсади від зовнішніх факторів, захищення від шкідників і комах, захист сходів і розсади від птиці, можливість вирощування рослин в контейнерах або в ґрунті та економія коштів на самих рослинах), майбутні перспективи відкриваються для споруд захищеного ґрунту і гідропонного способу, який теж демонструє значні позитивні сторони.

До них відносять: логічне використання земельних ділянок, сприятливіші умови кореневого живлення і водно-повітряного режиму, великі можливості механізації і автоматизації виробничих процесів, особливо ефективні в містах без родючої землі, високу швидкість росту вирощуваних рослин і збільшення їх врожайності, відсутність багатьох проблем з ґрунтовими шкідниками та хворобами, відсутність потреби у використанні хімікатів, відсутність шкідливих для здоров'я людини речовин, що неминуче присутні у ґрунті, зменшення витрат води, контроль і управління живильним розчином рослин, нормальний ріст і розвиток рослин [3, 4, 5]. Однак, забезпечення постійно зростаючих потреб в кількості і якості рослинної продукції, створює проблемне питання для рішення якого, потрібне формування нових способів вирощування або використання старих в парі з існуючими фізичними методами активації фізіологічних процесів рослин. Тому, проведення досліджень в даному напрямку є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Провівши аналіз сучасних, вітчизняних, наукових літературних джерел і статей можна встановити, що в роботі [6] наводиться інформація про можливість застосування лазерного опромінення в рослинництві, яке призводить до збільшення врожаю від 15...20 %, в джерелі [7], приведені відомості про активаційний вплив лазерної обробки на ріст і розвиток рослин вирощуваних гідропонним способом, а в літературі [8], представлено експериментальне дослідження по впливу низькоенергетичного лазерного випромінювання з певними параметрами на фізіологічні процеси квасолі в гідропоніці з позитивним результатом по приросту фізіологічних показників.

Отримані дані, свідчать про перспективність застосування методу лазерної обробки в комбінації з гідропонним способом, але визначення активаційних параметрів випромінювання є досить складними і пов'язаним з математичними розрахунками, які займають велику кількість часу та встановлюють не конкретні значення а їх діапазони зміни. Тому, розробка математичних моделей



та методів, що розв'яжуть існуючі складнощі є пріоритетним завданням.

Мета статті. Створення нечіткої математичної моделі процесу визначення якості квасолі в залежності від параметрів лазерного опромінення її кореневої системи на основі нечіткого алгоритму Мамдані та проведення її імітаційного моделювання в програмі MatLab з використанням бібліотеки Fuzzy Logic Toolbox.

Основні матеріали дослідження. Побудова будь-якої нечіткої математичної моделі складається з таких етапів: введення нечіткості (фазифікація), нечіткий висновок, композиція і приведення до чіткості або дефазифікація. Перший етап фазифікації, почнемо з опису вхідних і вихідної змінних. X_1 – перша вхідна змінна має назву «Потужність лазерного випромінювання». Її терм-множина, тобто множина значень, позначатиметься як $P_1 = \{\text{"низька"}, \text{"проміжна"}, \text{"велика"}\}$, або в символічному позначенні так $P_1 = \{P_{11}, P_{21}, P_{31}\}$ з функціями належності термів зображених на (рисунку 1).

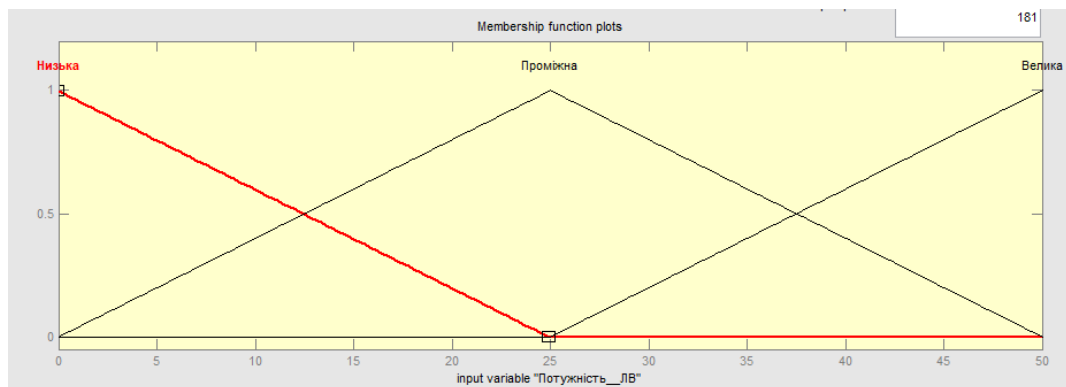


Рисунок 1 – Графіки функцій належності термів першої вхідної лінгвістичної змінної

X_2 – друга вхідна змінна має назву «Довжина хвилі лазерного випромінювання». Її терм-множина, позначатиметься як $\lambda_2 = \{\text{"пригнічення"}, \text{"низька_активізація"}, \text{"висока_активізація"}\}$, або в символічному позначенні так $\lambda_2 = \{\lambda_{12}, \lambda_{22}, \lambda_{32}\}$ з функціями належності термів зображених на (рисунку 2).

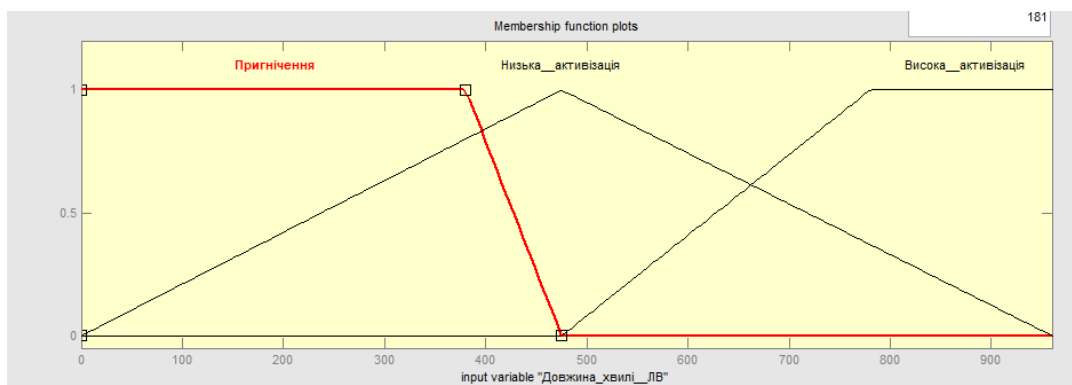


Рисунок 2 – Графіки функцій належності термів другої вхідної лінгвістичної змінної



Y – вихідна змінна має назву «Якість квасолі» (в даній роботі вихідна змінна є інтегральним показником, що враховує рівень органолептичних, хімічних та фізіологічних показників вирощеної квасолі). Її терм-множина, позначатиметься $Q = \{\text{"низька"}, \text{"середня"}, \text{"висока"}\}$, або в символічному позначенні так $Q = \{Q_1, Q_2, Q_3\}$ з функціями належності термів зображених на (рисунку 3).

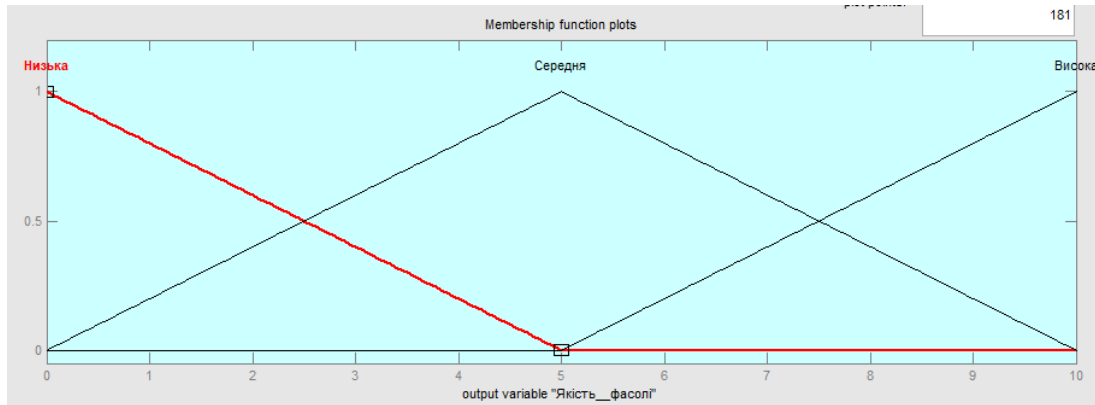


Рисунок 3 – Графіки функцій належності термів для вихідної лінгвістичної змінної

Функції належності термів вхідних та вихідної змінної, отримані з одноосібної експертної оцінки процесу, що розглядається в роботі. Наступним етапом є побудова бази продукційних правил. В нашому завданні їх буде 9, які матимуть наступний вигляд:

IF X_1 IS P_{11} AND X_2 IS λ_{12} THEN Y IS Q_1
 IF X_1 IS P_{21} AND X_2 IS λ_{22} THEN Y IS Q_2
 IF X_1 IS P_{31} AND X_2 IS λ_{32} THEN Y IS Q_3
 IF X_1 IS P_{31} AND X_2 IS λ_{12} THEN Y IS Q_1
 IF X_1 IS P_{21} AND X_2 IS λ_{32} THEN Y IS Q_3
 IF X_1 IS P_{31} AND X_2 IS λ_{22} THEN Y IS Q_2
 IF X_1 IS P_{11} AND X_2 IS λ_{32} THEN Y IS Q_2
 IF X_1 IS P_{11} AND X_2 IS λ_{22} THEN Y IS Q_1
 IF X_1 IS P_{21} AND X_2 IS λ_{12} THEN Y IS Q_1

Сформовані правила, також виходять з надання експертної оцінки по визначенню якості квасолі в залежності від $P_{ЛВ}$ і $\lambda_{ЛВ}$ лазерного випромінювання [9].

Далі, приступаємо до етапу застосування алгоритму Мамдані. Відмінність цього алгоритму (моделі) від інших, полягає в консеквентах (правій частині) правил логічного висновку, що містять нечіткі значення функції належності. У нашому випадку це функції належності термів, зображених на (рисунку 3). У моделі Мамдані кожне правило має ступінь свого виконання ω_i , який обчислюється наступним чином (1):



$$\omega_j = (x_1, x_2, \dots, x_m) = \bigwedge_{i=1}^m \mu_{i,j}(x_i), \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

де \bigwedge – нечітка операція кон'юнкції, що відповідає оператору «AND» в правилах, яка може задаватися через різні t-норми, такі як мінімум, добуток та інші;

m – кількість входів (в даній задачі їх $m = 2$);

$\mu_{ij}(x_j)$ – функція належності на i -му вході в антецеденті j -го правила;

n – кількість правил (в даному випадку $n = 9$).

Після того, як обчислені ступені виконання правил, переходимо до іншого етапу і за допомогою імплікації, (в системах Мамдані, зазвичай, використовується операція мінімуму), обчислюються нечіткі значення консеквентів правил [9].

Потім, за допомогою операції агрегації (в системах Мамдані зазвичай використовується операція максимуму) обчислюється нечітке значення виходу з функцією приналежності (y) YOUT μ відповідно до виразу (2):

$$\mu_y(y) = \bigvee_{i=1}^n (\omega_j(x_1, \dots, x_m) \wedge \mu_{y_j}(y)) \quad (2)$$

де \bigvee – операція агрегації, що відповідає об'єднанню нечітких правил, що в системі Мамдані еквівалентно диз'юнкції;

\bigwedge – операція імплікації, що в системі Мамдані еквівалентна кон'юнкції;

$\mu_{y_j}(y)$ – функція належності консеквенту j -го правила.

При використанні максимуму в якості оператора агрегації і мінімуму в якості оператора імплікації, процедура отримання нечіткого значення виходу називається композицією max-min. Після того, як входи правил оброблені описаним вище алгоритмом і отриманий нечіткий вихід $\mu_y(y)$, необхідно за допомогою дефазифікації знайти відповідне йому чітке значення y^* . Основними методами дефазифікації є: метод центру тяжіння, центру сум або усередненого максимуму. В даній роботі, дефазифікований вихід, будемо розраховувати за методом центру тяжіння, що представлений виразом (3):

$$y^* = \frac{\sum_{p=1}^{N_y} y_j \mu_y(y_j)}{\sum_{p=1}^{N_y} \mu_y(y_j)} \quad (3)$$

де знаходження суми (інтегрування) виконується на дискретних значеннях y_j області визначення виходу, що є розділеної на N_y точок [9].

Після представлення аналітичного опису пропонованого алгоритму, проведемо процес імітаційного моделювання нечіткого виведення з використанням програми MatLab та її бібліотеки Fuzzy Logic Toolbox, в якій реалізовані десятки функцій нечіткої логіки і нечіткого виведення, що є найбільш простим засобом для проведення нечіткого моделювання.



Процес, що піддається моделюванню, представляє собою визначення якості квасолі Q вирощуваної гідропонним способом на кореневу систему якої відбувається вплив низькоенергетичного лазерного випромінювання з різними значеннями параметрів, якими є потужність випромінювання, що належить такому числовому проміжку $P_{ЛВ} \in [0;50]$ Вт, і довжина хвилі з даним проміжком $\lambda_{ЛВ} \in [0;960]$ нм по 10 бальній шкалі оцінки даного якісного процесу.

На початку, в програмі MatLab, задаємо універсальні множини для кожної вхідної лінгвістичної змінної X_1 , X_2 і лінгвістичної змінної виходу Y . Вони наступні: $X_1 \in [0;50]$, $X_2 \in [0;960]$ та $Y \in [0;10]$. Після цього, на основі одноосібної експертної оцінки, задаємося функціями належності термів базових терм-множин кожної змінної, графіки яких, представлені на рисунках 1, 2, 3. Процес їх введення до програми і обрання алгоритму нечіткого виведення представлений на (рисунку 4).

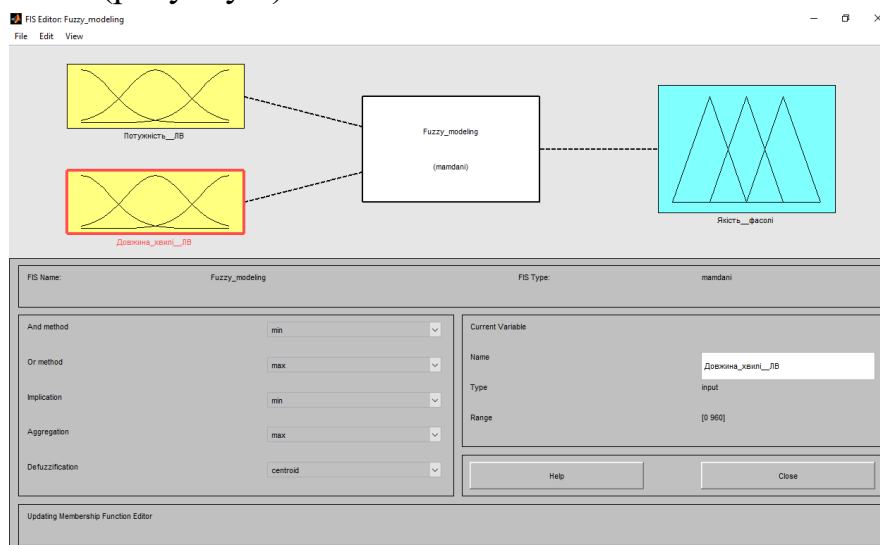


Рисунок 4 – Реалізація етапу фазифікації в MatLab

Наступним є побудова бази продукційних правил для забезпечення нечіткого логічного висновку. В нашому випадку, кількість правил $n = 9$. Дана база, також отримана на основі експертної оцінки процесу, що моделюється і відповідає встановленим вимогам до неї. Вікно з даними правилами в MatLab представлене на (рисунку 5).

Переходимо до виконання імітаційного моделювання. Дане вікно, яке представлено на (рисунку 6), містить у собі всі продукційні правила з бази знань, представлених у вигляді графіків конкретних термів, що розміщуються у відповідному правилі. Зміна значень вхідних змінних виконується рухом повзунків у даному вікні або через поле введення їх числових значень. Встановивши конкретні значення вхідних змінних, програма виконує нечіткий вивід Мамдані, а саме реалізовує: агрегування, активізацію, акумуляцію і проводить дефазифікацію у вигляді отриманого чіткого значення виходу y^* .

В кінці нечіткого моделювання створений графік, що відображає функціональну залежність $Q = f(P_{ЛВ}, \lambda_{ЛВ})$, представлений на (рисунку 7) [10].

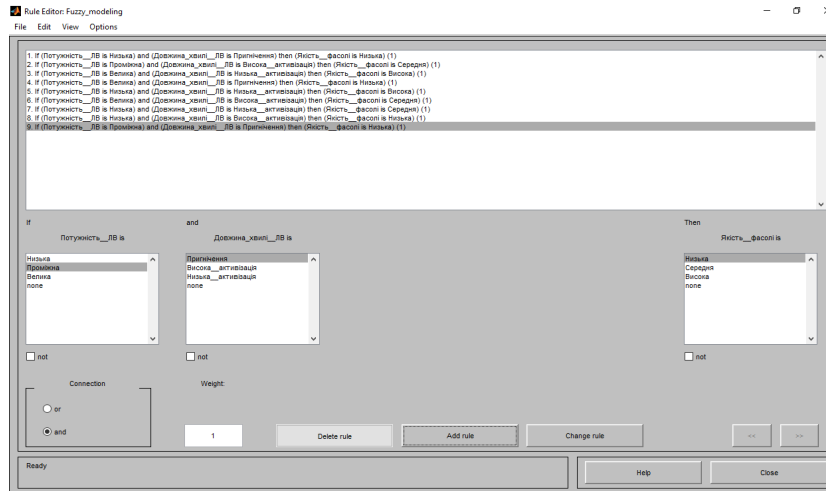


Рисунок 5 – Вікно задання продукційних правил в MatLab

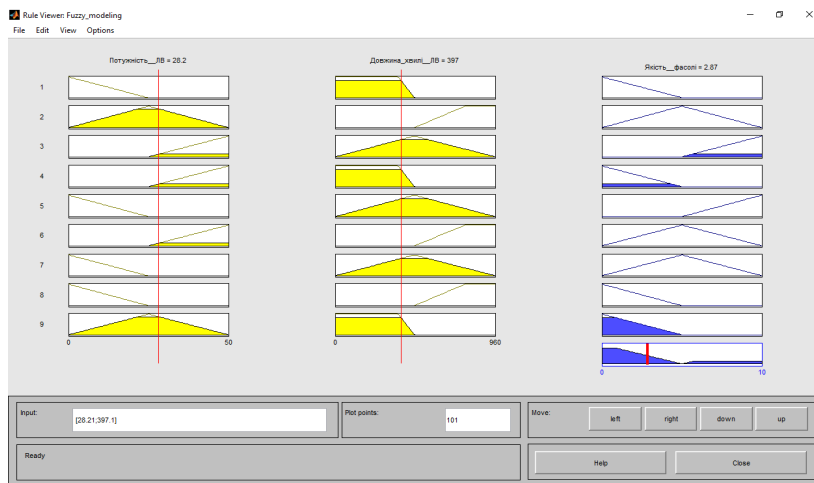


Рисунок 6 – Вікно проведення імітаційного моделювання процесу визначення якості вирощеної квасолі Q в залежності від параметри $P_{ЛВ}$ і $\lambda_{ЛВ}$ низькоенергетичного лазерного випромінювання MatLab

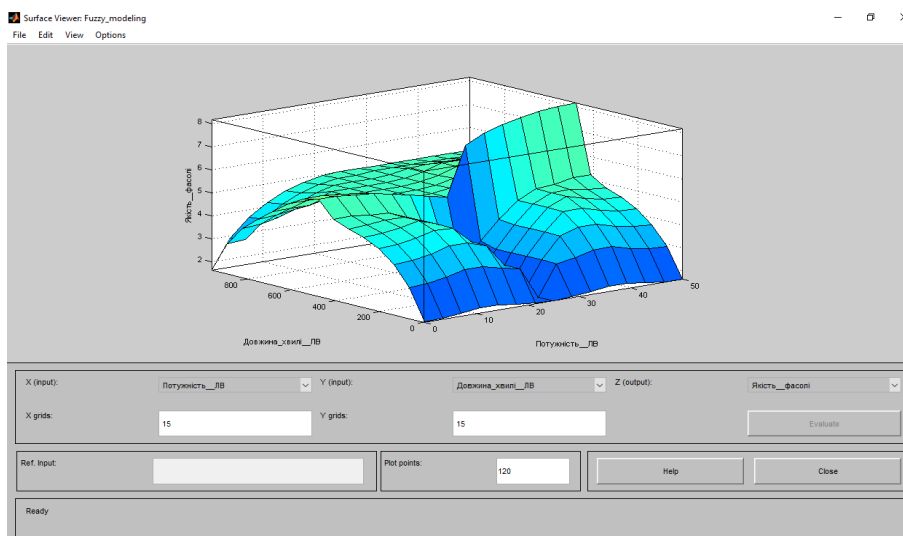


Рисунок 7 – Тривимірний графік залежності якості квасолі Q в залежності від параметрів $P_{ЛВ}$ і $\lambda_{ЛВ}$ лазерної обробки її кореневої системи в гідропонії отриманий нечітким алгоритмом



Висновки. На основі проведеного імітаційного моделювання досліджуваного процесу можна зробити наступні висновки, аналізуючи графічну залежність $Q = f(P_{ЛВ}, \lambda_{ЛВ})$ можна сказати, що найвище значення якості квасолі, $Q = 8$ балів, створюватиметься при $P_{ЛВ} = (30 \div 50)$, Вт і $\lambda_{ЛВ} = 550$, нм. В кінцевому висновку, реалізація нечіткого алгоритму Мамдані, що спирається на дані експертних оцінок з даного питання і проведення на його основі імітаційного моделювання, має гарні передумови, що забезпечують зменшення складності і часу на застосування і дають набагато чіткіші значення параметрів лазерної обробки на відміну від інших математичних моделей і методів.

Література.

1. Сухін В.В. Визначення методу і системи із загальної класифікації гідропонних установок для ефективного використання лазерної обробки кореневої системи рослин / В.В. Сухін, М.Л. Лисиченко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Х.: ХНТУСГ, 2018. – Вип.195. – С.141-144.
2. Технологія виробництва продукції рослинництва. Ч. 1: навч. посіб. / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.] – К.: Аграрна освіта, 2010. – 282 с.
3. Переваги та методи вирощування рослин на гідропоніці [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://sadgorod.in.ua/gorod/perevagi-ta-metodiviroshchuvannya-roslin-na-gidroponici/>.
4. Алиев Э. А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. – 2-е изд., доп. и перераб. / Алиев Э. А. – К.: "Урожай", 1985. – 160 с.
5. Гідропоніка [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://floragrowing.com/uk/encyclopedia/gydroponyka>.
6. Чёрная М.А. Анализ проблем предпосевной обработки семян на основе электромагнитных технологий / М.А. Чёрная, Н.Г. Косулина, О.Г. Аврунин // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Х.: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 141. – С. 93-94.
7. Сухін В.В. Метод розрахунку лазерного опромінення кореневої системи рослин стрижневого типу в живильному розчині гідропонної установки / В.В. Сухін, М.Л. Лисиченко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Х.: ХНТУСГ, 2017. – Вип. 186. – С. 129-131.
8. Сухін В.В. Експериментальне дослідження впливу низькоенергетичного лазерного випромінювання на кореневу систему квасолі / В.В. Сухін, М.Л. Лисиченко / DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-35 // Науковий вісник Таврійського державного університету DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-35 – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – Вип. 9. – Том. 1.
9. Мазорчук М.С. Применение методов и моделей нечеткой логики для моделирования экономических процессов / М.С. Мазорчук, К.А. Симонова,



Л.Д. Греков // Системи обробки інформації. – 2007. – Вип. 9. – С. 159-162.

10. Тарасян В.С. Пакет Fuzzy Logic Toolbox for MatLab: учеб. пособие / Тарасян В.С. — Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013. – 112 с.

References.

1. Sukhin, V.V. and Lisichenko, M.L. (2018), “Determination of the method and system for the general classification of hydroponic plants for the effective use of laser treatment of the root system of plants”, *HNTUSG*, no. 195, pp. 141-144.

2. Melnyk, S.I. and Mulyar, O.D. and Kochubey M.Y. and Ivantsov P.D. (2010), *Tehnologiya virobnitstva produktsiyi roslinnitstva*, [Technology of crop production], Agrarna osvita, Kiev, Ukraine.

3. Garden and vegetable garden (2018), “Advantages and methods of growing plants in hydroponics”, available at: <http://sadgorod.in.ua/gorod/perevagi-ta-metodiviroshchuvannya-roslin-na-gidroponici/>, (Accessed 6 January 2021).

4. Aliyev, E.A. (1985), *Vyiraschivanie ovoschey v gidroponnyih teplitsah*, [Growing vegetables in hydroponic greenhouses], 2nd ed., Urozhay, Kiev, Ukraine.

5. FloraGrowing (2018), “Hydroponics”, available at: <https://floragrowing.com/uk/encyclopedia/gidroponyka>, (Accessed 6 January 2021).

6. Chernaya, M.A. and Kosulina, N.G. and Avrunin, O.G. (2013), “Analysis of problems of presowing processing of seeds on the basis of electromagnetic technologies”, *HNTUSG*, no. 141, pp. 93-94.

7. Sukhin, V.V. and Lisichenko, M.L. (2017), “Method of calculation of laser irradiation of root system of rod-type plants in nutrient solution of hydroponic installation”, *HNTUSG*, no. 186, pp. 129-131.

8. Sukhin, V.V. and Lisichenko, M.L. (2019), “Experimental study of the effect of low-energy laser radiation on the root system of beans”, *TDATU*, vol. 1, no. 9.

9. Mazorchuk, M.S. and Simonova, K.A. and Greeks, L.D. (2007), “Application of methods and models of fuzzy logic for modeling economic processes”, no. 9, pp. 59-162.

10. Tarasyan, V.S. (2013), *Paket Fuzzy Logic Toolbox for MatLab* [Fuzzy Logic Toolbox for MatLab package], izd-vo UrGUPS, Ekaterinburg, Russia.

Abstract. *The main task of the crop industry is to provide the population with plant products of the required quantity and high quality, livestock - high quality feed, processing plants related to agriculture - raw materials. However, meeting the needs of the population in crop products with a constant increase in requirements for it in quantity and quality, creates a problematic situation. To solve it, use a modern method of growing plants in buildings protected by soil, such as hydroponics. But even the hydroponic method of cultivation does not allow to ignore this problem in general. Therefore, after analyzing modern literature sources on this issue, you can see information about the combined use of hydroponics and the method of physical exposure, which is laser radiation. The application of this method is associated with complex mathematical models and calculations that take considerable time and do not give a clear answer to the parameters of low-energy laser radiation, which should be used to activate physiological processes in plants. Therefore, the search for other mathematical models and methods that will reduce time and reduce the complexity of implementation and give clear values of parameters is an urgent task. The paper presents a fuzzy mathematical model based on the Mamdani algorithm, the process of determining the quality of beans grown in hydroponics, the root system of which is affected by low-energy laser radiation with a certain power and wavelength. Based on it, the MatLab program for the use of the Fuzzy Logic Toolbox library simulates the process under consideration. The result is a graphical functional dependence of bean quality on radiation parameters. As a result of this simulation, it was found that the highest value of the quality of 8 points grown beans will have at a power that varies from (30-50) W and a wavelength of 550 nm. Thus, the use of a fuzzy model based on the Mamdani algorithm gives clearer values of radiation parameters and reduces time and reduces the complexity of application.*



Key words: *laser, crop, plant root, fuzzy inference system, algorithm, quality, mathematical model, parameter, hydroponics.*

Стаття відправлена: 9.02.2021 р.

© Сухін В.В.



УДК 61:004

**NEW COMPUTER ENGINEERING HELPS DOCTORS
НОВА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА ДОПОМАГАЄ ЛІКАРЯМ****Fursa Y.O. / Фурса Ю.О.***Student / студент*

ORCID: 0000-0002-4100-7482

Orel O.V. / Орел О.В.*c.p.s., teacher / к.п.н., викладач*

ORCID: 0000-0001-5187-7580

*Separated Subdivision "Nizhyn Applied College of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine" Nizhyn, Ukraine, 16600**Відокремлений структурний підрозділ "Ніжинський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України" м. Ніжин, Україна 16600*

Анотація. В статті зазначено, що за останні 20 років рівень застосування комп'ютерів у медицині дуже підвищився, і ми вже не можемо уявити нашу медицину без розумних помічників. Перераховано основні напрями застосування сучасних інформаційних технологій: медична інформаційна система; телемедицина; медична діагностика; томографія; експертна система; медичні апаратно-комп'ютерні системи; робототехніка; інноваційні технології в лікувальному процесі; наукові дослідження у медицині. Виділено ряд роботів-помічників, які науковці винайшли для допомоги лікарям: робот ARES; RoboEarth; робот Da Vinci; Robotic Glove; робот AMIGO. Авторами виділено проекти з використання штучного інтелекту за кордоном та в нашій країні.

Ключові слова: інформаційні технології в медичній сфері; штучний інтелект; телемедицина; медична діагностика; робототехніка в медицині; наукові дослідження в медицині; медично-інформаційна система; 3-D принтери в медицині.

Вступ.

Сучасний період розвитку людства характеризується сильним впливом на нього новітніх інформаційних технологій. Вони швидко перетворились на життєво важливий стимул розвитку всіх сфер життя людини. У даний час фактично в усі галузі охорони здоров'я впроваджені інформаційні технології (ІТ). Завдяки цьому медицина набула сьогодні абсолютно нових рис. Цей процес супроводжується суттєвими змінами в медичній теорії та практиці, пов'язаними з внесенням коректив до підготовки медичних працівників. [1].

Особливої уваги заслуговує використання штучного інтелекту для лікувальної та діагностичної справи. За останні 20 років рівень застосування комп'ютерів у медицині дуже підвищився, тому практична медицина стає все більш автоматизованою [4]. Штучний інтелект (ШІ) — це новітні ІТ-технології зі створення інтелектуальних машин, комп'ютерних програм, здатних виконувати особливі функції [2].

Виклад основного матеріалу.

Основні напрями застосування сучасних інформаційних технологій наступні [1], [3]:

- Медична інформаційна система – це інформаційно-довідкові системи, електронні медичні картки, апаратно-комп'ютерні системи, автоматизовані робочі місця фахівців, призначені для автоматизації всього лікувально-діагностичного процесу та забезпечення інформаційної підтримки прийняття



лікарем діагностичних і тактичних (лікувальних, організаційних та ін.) рішень, мережеві бібліотеки.

- Телемедицина – напрямок медицини, для надання медичної допомоги в місці необхідності за допомогою сучасних телекомунікацій у тих випадках, коли відстань і час є критичними факторами.

- Медична діагностика. До таких досліджень можна віднести комп'ютерну томографію, магніторезонансну томографію, ультрасонографію, дослідження із застосуванням ізотопів.

- Томографія - це метод вивчення стану організму людини, при якому отримується зображення окремих тонких шарів (перерізів) людського організму і на їх основі конструюється повне об'ємне зображення. В останні роки створені нові комп'ютерні програми, що дозволяють отримувати діагностичні зображення в тривимірній графіці та в режимі анімації.

- Експертні системи є одним з найпоширеніших типів систем штучного інтелекту. Застосування експертних систем у медицині найефективніше при вирішенні задач діагностики, інтерпретації даних, прогнозуванні перебігу захворювань і ускладнень, моніторингу перебігу захворювань і планування лікувально-діагностичного процесу.

- Медичні апаратно-комп'ютерні системи виділяють як окремий вид експертних систем. Це медичні системи моніторингу за станом хворих на основі довготривалого і неперервного аналізу великого обсягу даних, що характеризують стан фізіологічних систем організму (ЕКГ, тиск крові, частота дихання, температурна крива, вміст газів у крові та в повітрі, що видихається, тощо) [2].

- Робототехніка. Серед медичних апаратно-комп'ютерних систем окремої уваги заслуговує робототехніка. Роботи-манекени, роботи-кур'єри, роботи-санітари – це вже реальність. З'явилася велика кількість роботів, які виконують надзвичайно складні маніпуляції. Наприклад, самозбірний робот ARES для проведення операцій без розрізу шкірних покривів. Проковтнуті пацієнтом окремі функціональні блоки всередині організму збираються в керований модуль, за допомогою якого проводиться хірургічне втручання.

Головна ідея проекту RoboEarth – створити універсальну систему управління з використанням інтернет-технологій і локальних комп'ютерних мереж, щоб зробити її значно доступнішою для користувачів [3].

Хірургічний робот Da Vinci дозволяє через невеликі отвори в шкірі виконувати найскладніші операції на внутрішніх органах. Чутливі маніпулятори точно відтворюють рухи рук хірурга, який сидить за пультом, при цьому фільтруючи тремтіння або випадкові різкі рухи.

Медичною сенсацією є Robotic Glove. Це рукавичка, оснащена датчиками, які можуть виявити вібрації, звук і температуру, вона має акселерометр і звукову систему, яка сигналізує про органи, що вимагають негайної уваги. Рукавичка збирає і передає всю інформацію на комп'ютер [3].

Медичний робот AMIGO з'явився в 2010 році у Великобританії. Основна спеціалізація робота – операції по лікуванню аритмії серця. Він допомагає



вводити через артерію катетер до пошкоджених ділянок серцевого м'яза.

- Інноваційні технології у лікувальному процесі. Влітку 2012 року фірма Philips представила систему EchoNavigator, що використовує революційну технологію з інтервенційної візуалізації, а саме об'єднує рентген і ехокардіографію, дозволяючи в режимі реального часу поєднати показання медичних приладів із зображенням. Кардіохірурги отримали більш інтерактивний і інтуїтивно зрозумілий спосіб проведення малоінвазивних процедур при лікуванні структурних захворювань серця [3].

- Наукові дослідження у медицині. Новим методом у медицині, який поки знаходиться на ранніх етапах розвитку є 3D – біопринтинг, або тривимірний друк живих тканин. Вчені з американського Інституту регенеративної медицини в 2012 році створили гібридний 3D-принтер, який в змозі виробляти життєздатні хрящові імплантанти для пацієнтів, що їх потребують. Проблему міцності надрукованих конструкцій вирішили шляхом поєднання для побудови каркасу тканини живих клітин і синтетичного полімеру [3].

За кордоном використання ІІІ досягло високого рівня, було успішно реалізовано безліч проектів, серед яких [2]:

1. Система моніторингу пацієнтів від Qventus дозволяє відстежувати кожен крок пацієнта від запису в реєстратурі до виписки із стаціонару;

2. Можливість вибору індивідуального лікування, реалізовано компанією з Японії Fronteo Healthcared в системі KIBIT;

3. Електронний асистент від Bright.md допомагає швидко знайти різну інформацію для лікаря та медичного персоналу про пацієнтів;

4. Карманний кардіолог від AliveCor. Мобільний додаток, який може обробляти дані датчика для зняття кардіограм в будь-яких умовах. ІІІ розшифровує дані пацієнта, в разі небезпеки інфаркту - завчасно приходить сповіщення про те, що необхідно звернутися до лікаря.

5. Ізраїльський стартап MedyMatch Technology продемонстрував систему на базі ІІІ, метою якої є виявлення точного діагнозу інсульту. Система в режимі реального часу порівнює знімок мозку пацієнта з сотнями інших, які знаходяться в хмарному сховищі.

ІТ-компанії України демонструють приклади використання штучного інтелекту з інтелектуальними рішеннями для лікарень та закладів охорони здоров'я [2]:

1. SoftServe – створили систему healthcare, яка направлена на захист здоров'я та поліпшення медичного обслуговування;

2. Еверест – компанія, яка створила сервіс віртуалізації даних для клініки «Добробут»;

3. Сіклум – відома впровадженням кардіомонітора для оснащення дитячого кардіологічного центру, розробки компанії відзначені престижною премією в світі;

4. GlobalLogic – займається розробкою медичного оснащення і програмних продуктів на основі сучасних інновацій в сфері штучного інтелекту;

5. DataArt - впровадила електронні медичні картки та систему контролю за роботою лабораторій.



Висновки.

Сучасні інформаційні технології все більше використовуються в галузі охорони здоров'я, що буває необхідним для вчасного збереження людського життя. Завдяки цьому медицина набуває сьогодні нових рис. У багатьох медичних маніпуляціях, операціях та дослідженнях просто неможливо обійтись без комп'ютера, медичних роботів та спеціального програмного забезпечення до них. Цей процес супроводжується суттєвими змінами в медичній системі і відбувається це багато в чому завдяки розвитку інформаційних технологій.

Представлені розробки з використання технології ШІ дозволяють забезпечувати якісно новий рівень медицини. Сучасний сервіс значно збільшує також рівень медичного обслуговування людей. Розробка сучасних програмних продуктів полегшує роботу лікарів і медичного персоналу, перекладає монотонну рутинну роботу по обліку та моніторингу на новітню комп'ютерну техніку [2].

Використана література

1. Бурківський П.О., Скачков В.О. ІТ технології в медицині [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/02/104-1.pdf> Дата звернення: Лютий 9, 2021.

2. Штучний інтелект в медицині [Електронний ресурс]. Доступно: <http://press-centr.com/ua/news/31478> [Shtuchniy-intelekt-v-meditsini](http://press-centr.com/ua/news/31478) Дата звернення: Лютий 9, 2021.

3. Олар О., Микитюк О., Федів В. Інноваційні технології у медицині [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.bsmu.edu.ua/blog/1033-innovatsiyuni-tehnologii-u-meditsini/> Дата звернення: Лютий 9, 2021.

4. Інформаційні технології в медицині [Електронний ресурс]. Доступно: http://uk.m/org/wiki/Інформаційні_технології_в_медицині Дата звернення: Лютий 9, 2021.

References.

[1]. (February 9, 2021) Burkivskiy P.O., Skachkov V.O. IT tekhnolohii v medytsyni [Online]. Available: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/02/104-1.pdf> (visited on 02/09/2021).

[2]. (February 9, 2021) Shtuchnyi intelekt v medytsyni [Online]. Available: <http://press-centr.com/ua/news/31478> [Shtuchniy-intelekt-v-meditsini](http://press-centr.com/ua/news/31478) (visited on 02/09/2021).

[3]. (February 9, 2021) Olar O., Mykytiuk O., Fediv V. Innovatsiini tekhnolohii u medytsyni [Online]. Available: <https://www.bsmu.edu.ua/blog/1033-innovatsiyuni-tehnologii-u-meditsini/> (visited on 02/09/2021).

[4]. (February 9, 2021) Informatsiini tekhnolohii v medytsyni [Online]. Available: http://uk.m/org/wiki/Інформаційні_технології_в_медицині (visited on 02/09/2021).

Abstract. *The article states that the level of computer use in medicine has greatly increased over the last 20 years, and we can no longer imagine our medicine without smart assistants. The main directions of application of modern information technologies are listed: medical information system; telemedicine; medical diagnostics; tomography; expert system; medical hardware and computer systems; robotics; innovative technologies in the treatment process; scientific research in medicine. There are a number of helper robots that scientists have invented to help doctors: the ARES robot; RoboEarth; the Da Vinci robot; Robotic Glove; AMIGO robot. The authors selected projects on the use of artificial intelligence abroad and in our country.*



Key words: *information technologies in the medical sphere; Artificial Intelligence; telemedicine; medical diagnostics; robotics in medicine; scientific research in medicine; medical information system; 3-D printers in medicine.*

Науковий керівник: *к.п.н. Орел О.В.*

Стаття відправлена: 15.02.2021 р.

©Фурса Ю.О.



УДК 004.352.22

**3D SCAN TO DETERMINE THE FAT CONTENT OF THE HUMAN BODY
3D СКАНУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЖИРОВОЇ ЧАСТКИ ТІЛА ЛЮДИНИ****Romanyuk A. N. / Романюк О. Н.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-2245-3364

Marushchak A. V. / Марущак А. В.*student / студент*

ORCID: 0000-0001-5067-4888

Shmaliukh V. A. / Шмалюх В. А.*student / студент*

ORCID: 0000-0002-0648-8487

*Vinnitsia National Technical University, Khmelnytske Shosse, 95, 21000**Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, 21000***Mykhaaylov P. I. / Михайлов П. І.***General director CEO 3D GENERATION*

ORCID: 0000-0001-5861-5970

*Viktoriastraße 15, 44137 Dortmund, Germany**Viktoriastraße 15, 44137 Дортмунд, Німеччина***Chekhmestruk R. Y. / Чехмейструк Р. Ю.***Technical Director 3D GENERATION UA*

ORCID: 0000-0002-5362-8796

Perun I. V. / Перун І. В.*Project manager 3D GENERATION UA*

ORCID: 0000-0001-7402-4417

*3D GENERATION UA, 21021, Pirogova Str. 37. 21021 Vinnitsa, Ukraine**3D GENERATION UA, 21021, вул. Пирогова, 37. 21021 Вінниця, Україна*

Abstract. This article describes the use of 3D scanners to detect body fat. Analyzed the main methods and techniques of measurement using body scanners. Identified the advantages and disadvantages of this method. Given the formulas for calculating the fat part by measuring the body scanner.

Key words: body scanner, 3D scanning, fat composition, body scan, measuring.

Introduction.

Today, the use of 3D technologies is an important part of life [1]. Such technologies help to better perceive the world. In particular, this applies to the measurement of quantities. 3D scanners are widely used in medicine. In particular, they can be used to measure and track the condition of the human body. To improve the process of self-care during fitness, it is possible to perform body measurements to calculate fat mass. such data can greatly simplify the training load program.

The main text

The constant development in the field of three-dimensional scanning has led to the emergence of 3-dimensional measurement of the human figure. Three-dimensional body scanners with an unusually short scanning process in a few seconds provide high-precision measurement. Contactless automatic registration of a set of necessary anthropometric data and display of a figure of the person is carried out. The optical scanning method is safe for vision and human health in general.



Two-dimensional photography cannot give completely correct results. One of the main factors is shadows and light, which change color. Using the wrong angle and tilt the camera also has a strong effect. Two-dimensional photos are exposed to lighting problems that can mask the shapes or even make them look different than they really are. 3D It's stern, raw and real, and the best way to actually see the result.

The quality of the obtained data objectively corresponds to the scientific standards of human spatial scanning. Immediately after scanning, you can get all the results digitally.

Depending on the scope, there are different options for work:

3D-printing: A color 3D-image of people or animals in the form of miniature models is processed by a 3D printer.

Ergonomics: development of car interiors, design of workplaces for individual needs of each user.

Tailoring: men's and women's clothing to order.

Medicine, orthopedics and sports: posture analysis, detection of spinal line, control of therapy results, anthropometric studies, diagnosis of performance, control of the training process, determination of physique.

Virtual reality: digital animation of the human body, digital transformation of art objects. Body composition is important when determining health status. 3D-scanners can capture an individual's volume and thus calculate percent body fat. 3D-scanning and editing took place in the 3D-scanner's respective software, then scans were exported to some software to calculate the volume. Participants were form-fitting clothing and stood in a standard position during scanning.

3D body scanning technology to measure waist circumference (WC), hip circumference (HC) and waist to hip ratio (WHR) precisely in an effort to improve the current health assessment for abdominal obesity.

Some "overweight" people are healthy, while others with "normal weight" are unhealthy. However, body fat percentage tells you what your weight is comprised of. Specifically, it tells you the percent of your total body weight that is fat. The lower your body fat percentage, the higher percentage of lean muscle mass you have on your frame.

The principle of 3-dimensional measurement (triangulation) is the method of light profiling [2], the profile is measured along the height along the projected light line, most often laser. The laser projects a light line on the measured object. The camera is aimed at the line at an angle and captures the projection of the line on the object as a longitudinal profile. When the light line is shifted, a three-dimensional image is formed on the object.

It is impossible to reduce the fat content in the body to zero - it threatens serious problems. Excessive thinness is dangerous: it leads to skin problems, heart failure, kidney failure and infertility in women. You need to gain weight if your fat percentage is very low and do not forget that fat is normally useful and necessary for the proper functioning of the body: fat contains energy reserves; fat maintains body temperature; protects internal organs from concussions and injuries.

With age, the amount of fat increases and muscle decreases. Therefore, everyone needs to be able to calculate the percentage of fat and control weight. By losing



weight properly with excess fat (losing mostly fat), you can avoid many problems: weakness, shortness of breath, fatigue, decreased immunity, hair loss, anemia.

Body mass index (BMI) is a measure of obesity. Body mass index is the ratio of height and weight of a person.

In order to calculate your BMI you need to measure your height and convert it into meters and square the resulting value [3]. For example, the height is 180 centimeters or 1.8 meters, which squared will be $1.8 * 1.8 = 3.24$. Next you need to divide your weight by this result. For example, at a weight of 90 kg, height is 180 cm. Accordingly, $BMI = 90 / (1.8 \times 1.8) = 27.7$.

Waist-to-Height Ratio - a waist-to-height ratio of 0.5 or greater indicates an increased amount of abdominal fat for both men and women. Abdominal fat increases the risk of cardiovascular disease.

The resulting number is body mass index [4]. There are 6 groups of body mass index: low weight - up to 18; normal weight - from 18 to 25; overweight (before obesity) - from 25 to 30; 1st degree obesity - from 30 to 35; 2nd degree obesity - from 35 to 40; obesity 3 degrees - from 40 and above.

Formulas are used to determine BMI, and specialized calculators can also be used, but such measurement data will not be accurate enough. To obtain highly accurate information about the condition of your body, use a 3D fitness body scan.

Using a fitness scan provides the following benefits: exact dimensions of the human body; percentage of fat in the body; dry body weight; rate of basal metabolism; the ratio of waist to hips; body shape rating; the ratio of torso to legs; posture and balance.

This technology is very useful for those who train and for coaches.

Waist-to-Height Ratio - a waist-to-height ratio of 0.5 or greater indicates an increased amount of abdominal fat for both men and women. Abdominal fat increases the risk of cardiovascular disease.

3D-scanners can calculate using formulas for body circumference method developed by Hodgdon and Beckett [4]. Men and women require different measurement methods because men tend to store belly fat (apple figures) and women accumulate belly and hips fat (pear figures).

Formula for men:

$$Fat = \frac{495}{(1,0324 - 0,19077)(\log(Waist - Neck)) + 0,15456 (\log (Height))} - 450$$

Formula for women:

$$Fat = \frac{495}{(1,29579 - 0,35004)(\log(Waist + Hips - Neck)) + 0,221 (\log (Height))} - 450$$

The scanner instantly provides complete information about the parameters of the current person. Based on the information received, the training plan is built as efficiently as possible. And for the athlete himself, this is a wonderful, vivid illustration of the condition in which he came to the gym, and the result he achieved. The technology allows you to track all the parameters of your body. You can learn



everything that is important to you to work on a specific area and understand the general condition of the body.

3D-body scanners use infrared sensors to get a detailed look at the shape of your body, as shown on the image 1 [5]. The sensors generate a 3D-model of your body. For some devices, you stand on a rotating platform for several minutes while the sensors detect your body shape. Other devices use sensors that rotate around your body. The scanner's equations then estimate your body fat percentage based on your body shape. In this way, 3D-body scanners are similar to circumference measurements. However, a greater amount of information is provided by a 3D-scanner.



Image 1. – 3D scanning and measuring

Advantages: A 3D-body scan is relatively quick and easy. **Disadvantages:** 3D-body scanners are not commonly available but gaining popularity. **Availability:** Several consumer-grade devices are available, but they're not as affordable as simple circumference-measurement methods like skinfold calipers. **Accuracy:** Limited information is available, but some 3D-scanners may be fairly accurate with errors of around 4% body fat [6].

3D-scanning is perfectly safe for health. It does not use an x-ray or MRI. It is simply a camera of smartphone that reads the surface of body to create an image based on the images it takes. It is non-invasive. In fact, no part of the equipment even touches body, save for the rotating disc that person stand while the scanning is taking place. It is fast, easy, and poses no health risks whatsoever.

That way, you make a starting point of the body. It makes possible to watch progress and see what you achieve have done.

The use of 3D-body scan provides number of incredible benefits. Some will be very personal to just one, but some of the more common benefits include: 3D model of body; measures body fat percentage, BMI, body volume; assesses your waist to hip ratio to help determine certain health risks; measurements at more than 20 points all over the body; appropriate for all fitness levels; assesses posture; track your fitness level.



Once the 3D model of body is made, special program software in feature recognition to identify specific base point such as waist, hips, and bust of the body. It helps to analyze the information to create measurements including volume, circumferences, and surface areas so that you get a more accurate, detailed picture of the size and shape body are – not the distorted, usually larger version that our minds often trick us into believing.

Conclusion.

The issue of using 3D-scanners to perform measurements of the human body was considered. In particular, the advantages of this method were analyzed. Possibilities for application in practice are given. That is, applications in the field of medicine and fitness. Formulas for calculating the relative mass of body fat are also given. There are ways to apply different scanning approaches.

Information was obtained on how to calculate body fat. The scope of 3D scanning is listed. Formulas for calculation based on 3D-model data are also provided.

References:

1. Романюк О. Н., Марущак А. В., Шмалюх В. А. Методи побудови 3d-сканерів тіла людини .Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020», (Одеса, 22 - 23 жовтня 2020 р.) / Одеська нац. акад. харч. технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2020. – С. 236-238.

2. 3D body scanner [Electronic resource] // vitronic – Resource access mode: <https://www.vitronic.com.ru/avtomatizacija-proizvodstva-i-logistiki/otrasli/trekh-mernyi-skaner-tela.html>.

3. How to determine the percentage of body fat? [Electronic resource] // training365 – Resource access mode: <https://training365.ru/procent-zhira/>.

4. Body Fat Percentage, Body Mass Index [Електронний ресурс]. – 2021. – Resource access mode: <https://www.scientificpsychic.com/fitness/diet-calculator-ru.html>.

5. 3D body scanning makes visualizing progress simple [Electronic resource]. – 2021. – Resource access mode: <https://www.styku.com>.

6. “InBody“ Introduced High Precision Body Scanner [Electronic resource] – Resource access mode: <https://consultingforfitness.ru/fitness-news/inbody-predstavila-vysokotochnyj-skaner-tela/>.

7. How Much Muscle and Fat in the Body: Naked Home 3D Scanner Made [Electronic resource] – Resource access mode: <https://www.epochtimes.com.ua/ru/novye-tehnologii/skolko-myshc-i-zhira-v-tele-sozdan-domashnij-3d-skaner-naked-128295>.



CYBERSECURITY TRENDS IN AGRICULTURE ТЕНДЕНЦІЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Viunenko O.B. / В'юнєнко О.Б.

Ph.D., assistant prof./ к.е.н., доцент

ORCID: 0000-0002-8835-0704

Tolbatov A.V. / Толбатов А.В.

Ph.D., assistant prof./ к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0002-9785-9975

Sumy National Agrarian University, Sumy, 160 Herasym Kondratiev, Sumy, 40021

Сумський національний аграрний університет,

Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 160, 40021

Анотація. В роботі розглядаються проблеми, з якими стикається бізнес в умовах технологічної залежності; що можна зробити для забезпечення надійного захисту даних, щоб найкращим чином обслуговувати сільськогосподарські підприємства і як фермери можуть захистити себе від сучасних кіберзагроз.

Ключові слова: кібербезпека, сільськогосподарська галузь, Інтернет речей.

Вступ.

Пандемія COVID-19 істотно вплинула на повсякденне життя людей у всьому світі. Заходи щодо стримування вірусу, такі як соціальна дистанція та карантинування вдома, змусили багато підприємств більше покладатися на технології, ніж звичайно, щоб не втратити свій бізнес та ефективно функціонувати. При збільшенні цифрової залежності збільшується ризик можливих порушень і втрати важливих даних. Все більш досконалі та професійні кіберзлочинці звертають свою увагу на галузь сільського господарства, і багато людей досить не налаштовані захищати себе і свій бізнес від сучасних загроз. Кіберзлочинність є серйозною проблемою для всіх галузей та секторів, але на сьогодні деякі краще підготовлені, ніж інші. Коли цифрова трансформація охоплює сільськогосподарську галузь, багато підприємств залишаються відкритими для ризиків, які вони не повністю розуміють. Це є головною проблемою, оскільки кіберзлочинці постійно шукають організації, які ще не створили належної системи захисту. З цієї причини агробізнес виглядає одним з найбільш потенційно готовим для кібератак.

Основний текст.

Сектор сільського господарства є основою важливої глобальної інфраструктури. Як і більшість галузей, до технологічної хвилі приєднується і сільсько-орієнтовані компанії. Ці компанії в значній мірі покладаються на дані, системи та передові технології для здійснення своїх операцій. Загалом точне землеробство використовує різноманітні вбудовані технології, які покладаються на дистанційне зондування землі, глобальні системи позиціонування і системи зв'язку для створення великих даних, аналізу таких даних і машинного навчання. Ці технології дозволяють більш точне застосування введення сільського господарства та тваринництва, таких як добрива, насіння та пестициди, що призводить до зниження витрат та покращення врожайності. Ці складні цифрові активи відкривають галузь перед



новим світом кіберзагроз, які необхідно запобігти для збереження рівня кібербезпеки в сільському господарстві [6], [10].

Сільське господарство (с.-г.) піддається подібним загрозам, з якими сьогодні стикається більшість галузей, це загрози, які пов'язані з витоком даних та несанкціонованим доступом. Сучасні компанії мають безліч даних про співробітників та клієнтів, а також конфіденційну інформацію, яка може завдати багато шкоди в чужих руках. Така інформація повинна бути надійно захищена від кіберзагроз. Крім персональних даних, існують також додаткові загрози для деяких унікальних пристроїв у цьому секторі. Наприклад, несанкціонований доступ до безпілотних літальних систем, які можна використовувати для розподілу насіння, добрив, пестицидів є прикладами кіберризиків, який привносить просунута технологія.

Вплив на цілісність та точність сільськогосподарських систем шляхом введення недостовірної інформації в смарт-сенсорні мережі також може завдати шкоди урожаю чи стадам. Наприклад, якщо хтось здатний віддалено маніпулювати системою опалення, вентиляції і кондиціонування повітря і змінити температуру до рівня, який тварини або рослини не витримують, це може закінчитися втратою домашньої худоби чи рослин. Останній приклад стосується усунення відкритості мереж зв'язку. Сільськогосподарські підприємства, як правило, працюють в дуже розподілених середовищах, а комунікаційні мережі мають вирішальне значення для підтримання роботи та зв'язку. З точки зору кіберпростору, якщо хтось може успішно знизити доступність або видалити доступ до цих каналів зв'язку, це може вплинути і потенційно зупинити господарські операції [1], [2], [3], [4], [5], [8], [9], [10].

Сучасні кіберзлочинці розуміють, що дрібні господарства, як правило, мало зважають на можливі кібератаки. Таким чином, зловмисники можуть надсилати широкий спектр фішингових електронних листів із захоплюючими темами, щоб змусити жертв натискати на посилання, які можуть завантажувати шкідливий вміст на їх пристрої. Це може призвести до всього, починаючи з активації програмного забезпечення, що замикає файли організацій в обмін на грошові, до витоку даних, що може розкрити конфіденційну інформацію компанії. Також вони демонструють безліч знань про роботу сільського господарства і можливість атакувати в ті часи, коли фермери отримують значні доходи, наприклад, коли вони отримують основні платежі. Вони знають бізнес і вибирають часи, коли їх цілі можуть бути зайняті, тому втрати господарств можуть виявитися катастрофічними.

Сьогодні фермери стикаються з кількома основними видами шахрайств, зокрема [8], [9]:

1. Ділова електронна пошта. Фермер може довіритися шахраям, намагаючись надіслати команди для електронних рахунків, здійснити терміновий платіж або змінити дані свого рахунку.

2. Текстові та телефонні афери. Фішинг-дзвінки та тексти використовуються щоб обманути свої цілі шляхом оприлюднення особистої інформації або для вибору посилання, яке завантажує шкідливе програмне забезпечення.



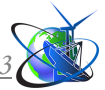
3. Фішингові електронні листи. Фішинг-лист призначений для того, щоб виглядати реальним і допомогти отримати дані вашого облікового запису або завантажити шкідливе програмне забезпечення. Багато цих листів відносно легко помітити, але останнім часом шахраї навчилися переконливо наслідувати брендинг та вміст відомих організацій, що означає, що багато людей будуть їм довіряти.

Виникає питання, чому останнім часом шахраї орієнтуються саме на аграрний сектор? Відповідь полягає у зростаючій оцифровці сектору с.-г. Як і в багатьох галузях промисловості, сільське господарство переживає цифрову революцію, яка заснована на великих даних. Крім того, цифрові технології проникають в сільське господарство скрізь, де ми бачимо: комп'ютери, роботи, сенсори та аналітика великих даних сприяють прийняттю рішень у пошуках більш високих і стійких врожаїв. Господарства орієнтуються на концепцію точного землеробства та методологію оптимізації виробництва рослинництва. Основні напрямки включають відбір проб ґрунту, моніторинг врожайності, GPS-системи наведення, супутникові знімки та автоматичне управління технікою [10].

У доповіді Goldman Sachs зазначається, що нові технології дозволять збільшити врожайність на існуючих сільськогосподарських землях на 70%, що може значно змінити структуру ринку, допомагаючи фермерам досягти більш стійкого виробництва. Це саме ті рішення, які шукають уряди та сільськогосподарська галузь і які можуть покращити екологічні показники, зберігаючи або навіть покращуючи економічні показники [7]. Але автоматизація процесів - це, по-перше, виведення людського елемента із робочого процесу і по-друге, генерування величезної кількості даних. Наприклад, обсяги автоматичного доїння швидко зростають, і, за оцінками, близько 20% корів у Європі можна буде автоматично доїти до 2050 року. Автоматизовані доїльні апарати генерують величезну кількість змінних для кожної корови, усі ці дані можуть сприяти подальшій розумінню ситуації та допомогти фермерам оптимізувати свою діяльність.

Важливим фактором у встановленні рівня безпеки в с.-г. підприємствах [8], [9] на сьогодні виступає технологія Інтернету речей (IoT), яка безпосередньо сприяє взаємодії об'єктів та пристроїв в аграрному секторі. Ві Intelligence зазначає, що кількість приладів IoT на фермах зростає щорічно на 20% і досягне 75 мільйонів в 2020 році. Так інтелектуальний моніторинг клімату використовує датчики, які можуть бути розміщені навколо ферми, дані з яких потім відправляються в хмару. Ці дані можуть бути використані для картографування погодних умов та вибору відповідних культур. Вони також можуть містити історичні дані, що дозволяють фермерам екстраполювати тенденції та відповідно коригувати стратегії зростання. При використанні в теплицях датчики можуть регулювати кліматичні умови для забезпечення оптимального росту рослин, тоді як датчики управління посівами можуть відслідковувати температуру, опади та інші змінні. Це можна використовувати для екстраполяції тенденцій, моніторингу росту врожаю та планування [8], [9].

Розумні датчики сільського господарства також можуть бути прикріплені



до худоби, вони можуть виміряти стан здоров'я, харчування та активність, щоб надавати дані в режимі реального часу про стан здоров'я кожної корови.

Фермери також звертаються до технології GPS для відстеження руху транспортних засобів та худоби. Системи підключаються до хмарної платформи [10], яка може в будь-який час давати фермерам уявлення про місцезнаходження їхньої худоби в режимі реального часу. Їхні переміщення можна відслідковувати і зберігати як історичні дані для моніторингу змін у поведінці, видачі сповіщень про наявність проблем і впорядкування процесів.

Роботи та використання елементів штучного інтелекту (ШІ) також стають все більш впливовими. Очікується, що світовий ринок сільськогосподарських роботів зросте до майже 20 млрд. дол. Основне застосування зараз - це обприскування, боротьба з бур'янами та автоматизований збір врожаю, але в міру розвитку цієї технології вона використовується для автономних процесів, таких як посів і автоматична навігація транспортних засобів в польових умовах.

Всі ці інновації є дуже вигідним, але в той же час схильні до ризиків. Агробізнес стає все більш залежним від ІТ-систем [10], окремі організації сильно залежать від комп'ютерних мереж, що робить надзвичайно важким управління ризиками. Все це стає ще важливіше у світі GDPR (загальний регламент про захист даних), коли контроль над даними може бути переданий третім особам, але відповідальність за його безпеку залишається за власником даних. Таким чином, у випадку витоку даних які належали клієнтам через проблему з третьою стороною, ви все одно можете понести відповідальність.

Сьогодні кіберзлочинці все більше дивляться на сільськогосподарську галузь, оскільки багато організацій є однозначно вразливими. Великі агрохолдинги, можливо, вже реалізували ефективні засоби захисту, але менші компанії та фермерські господарства можуть відчувати брак часу, ресурсів, їх бюджети обмежені, і кібербезпеку вони розглядають як нетермінові витрати. Крім того, вони можуть не мати фінансових ресурсів, щоб терпіти простої, що робить їх особливо вразливими до атак типу «відмова в обслуговуванні».

Таким чином, галузь є більш вразливою, ніж більшість галузей, для нападу, але сучасні технології обіцяють, що користь буде переважати ризики і ті організації, які не сприймають технології, ризикують залишитися позаду тих, хто цим цілеспрямовано займається. З іншого боку, занурення в цифрові інновації може поставити новий бізнес на чолі все більш конкурентоспроможного ринку. Таким чином, організації отримують стимули для того, що нові технології можуть зробити для них, а також і страхом того, що це може бути зроблене для їх конкурентів. Отже, єдиний вибір - увійти у світ оцифрування із чіткою стратегією кіберзахисту. Пов'язаний характер цифрових технологій в аграрній галузі означає, що існує багато різних кінцевих точок для підключення. Кінцева точка - це будь-який пристрій, який підключається до ІТ-систем, будь то ноутбук, планшет або підключене обладнання. Якщо все це незахищене, воно потенційно може слугувати відкритим входом до системи. Усі використовувані пристрої потрібно контролювати, щоб переконатися, що вони повністю захищені. Коли працівники використовують власні незахищені смартфони чи планшети для



входу в центральні системи, вони створюють потенційну слабкість у ширшій мережі. Незважаючи на підвищену поінформованість про кіберзлочинність та покращену захисну силу, співробітники залишаються основною загрозою безпеці даних, або своїми зловмисними діями, або своїми помилками. Все, що хтось повинен зробити, це натиснути на заражене посилання, щоб порушити безпеку. Отже, найбільша загроза більшості підприємств - зсередини. Підприємства повинні гарантувати, що всі працівники всіх рівнів знають про загрози та те, що від них очікується в плані кібербезпеки. Кожен працівник, може становити загрозу безпеці, якщо не дотримується розроблених правил та вказівок. Кіберзлочинність постійно розвивається [8], тому важливо також регулярно переглядати та контролювати стратегію кожного підприємства. Це більше, ніж організаційне питання. Сільське господарство - це глобальний бізнес і складається з пов'язаної мережі глобальних гравців, які досить сильно розподілені територіально і кожна з цих територій має свої підходи та інфраструктуру [9], [10].

Звичайно агропродовольчі процеси, не позначаються як життєво важливі, вони оцінюються як занадто роздроблені і тому не здатні порушити суспільство чи економіку. Але наскільки це має вплив, коли процеси забезпечення якості продуктів харчування та виробництва їжі стають вразливими до кіберзагроз? Чи змінюється ця оцінка зі швидкою оцифровкою всього харчового ланцюга? Коли виявляється дефіцит урожаю або ненадійна якість продуктів, виникають суспільні заворушення. Але коли вразливості та відключення безперервних поставок стають реальністю, процеси виробництва харчових продуктів та географічний розподіл продуктів виявлять високий рівень стійкості завдяки великій мережі ланцюга постачання продовольства. Жодна галузь харчового ланцюга не буде під загрозою внаслідок відключень в основних місцях виробництва продовольства. Більше того, коли запаси продовольства відносно незначні, то продукти можна замінити аналогічними або альтернативними продуктами, щоб збалансувати дефіцит. Ось чому процеси виробництва та розповсюдження харчових продуктів не кваліфікується як «життєво важлива інфраструктура». Але вразливість (цифрового) ланцюга продовольства все більше і більше залежить від інших товарів та послуг, які позначаються як "життєво важливі", серед яких найважливіші - питна вода, енергія та транспорт. Крім безперервності та безпеки поставок продовольства, безпека та контроль якості є життєво важливими основами харчового бізнесу [8], [9].

Негативним моментом є те, що деякі агропродовольчі підприємства борються з заходами кібербезпеки, хоча вони відмічають не тільки технології як основний рушій, але й як зростаючу потребу у відстеженні та зростаючі потреби покупців та споживачів у інформації про стійкість та подальшу глобалізацію всіх ланцюгів продовольчих товарів. Дані фермерських господарств розглядаються як новий продукт фермерів поряд із їхніми культурами і тваринами, тобто такі що потребують належної безпеки. Чутливі дані в агропродовольчому секторі особливо стосуються даних про бізнес, оскільки є цінною інформацією для ринку та його конкурентів. Наприклад, рецепти харчових продуктів, але також плани щодо їх придбання вважаються



досить чутливими даними, які залежать від ринку. І для кожного ланцюга продовольства (молочні продукти, м'ясо, овочі тощо) в агропродовольчому секторі ризику та вразливості будуть різними. Росповсюджені останнім часом кібератаки з метою пошкодження репутації компаній повинні вже розглядатися як посилена загроза. Також було зафіксовано зростання вимогань, в якому дані по підприємствам беруть у заручники. Ускладнюючим фактором є те, що багато мереж агропродовольчих товарів працюють у міжнародному середовищі, перетинаючи кордони та діючи в рамках різних законодавств.

Висновки.

Сільське господарство охоплює широкий спектр організаційних типів, які часто мають справу з продуктами, що споживаються людьми, тому слід дотримуватися ключових норм та рекомендацій, щоб забезпечити безпеку для споживачів, операційних процесів та результатів діяльності сільськогосподарських підприємств. Загалом можемо виділити наступні кроки підвищення рівня кібербезпеки для с.-г. підприємств:

1. Проведення регулярних перевірок, що дозволить бути впевненим, що підприємство охоплює всі основні напрямки кібербезпеки. Розробка стратегії, яка зосереджена на людях, процесах та технологіях. Впровадження/експлуатація систем захищених антивірусними програмним забезпеченням. Проведення інвентаризації активів та контроль їх використання, а також регулярне створення резервних копій даних.

2. Відокремлення операційних технологій від бізнес-технологій, тобто бізнес-рішення, такі як електронна пошта, програмне забезпечення для електронних таблиць та інше, повинні бути відокремлені від критичних операційних рішень, де це можливо, щоб максимально зменшити ризики.

3. Провести аналіз вразливостей, пов'язаних із технологією дистанційної цензури, машинним навчанням та іншими новими передовими технологіями у сільському господарстві.

4. Необхідна наявність ресурсу з кібербезпеки або чіткий фокус на кібербезпеку на с.-г. підприємстві або при виробництві продуктів харчування, все це важливо для формування системи безпеки для споживачів та виживання бізнесу.

Світ потребує стабільної роботи сільського господарства для виконання важливих функцій, що підтримують збереження людського життя. Сектори, що піддаються впливу кібератак, можуть загрожувати здатності організації задовольнити цю життєво важливу потребу, якщо її не захистити належним чином. Важливо, щоб ми постійно розуміли, як розставляти пріоритети та вирішували проблеми кіберризиків у сільському господарстві.

Література:

1. В'юненко, О.Б. Проблеми створення моделі системи автоматизованого моніторингу сільського господарства / О.Б. В'юненко // Вісник Сумського НАУ. Серія: Економіка і менеджмент – Суми, 2015.

2. В'юненко О.Б., Толбатов А.В., Агаджанова С.В., Толбатов В.А., Толбатов С.В. Віртуальні когнітивні центри як інтелектуальні ІТ системи



моніторингу та оцінки роботи регіональних агропромислових комплексів / Вісник національного Хмельницького університету №3., 2015, С. 21-23.

3. В'юненко О.Б., Толбатов А.В., Агаджанова С.В., Толбатов В.А., Толбатов С.В. Модель віртуального когнітивні центру як інтелектуальної ІТ системи для систем моніторингу агропромислових комплексів / Міжнародний фаховий журнал "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" №3. С. 35-41.

4. Побудова систем моніторингу, аналізу та оцінки прийняття рішень регіонального рівня для ситуаційних центрів АПК / О.Б. В'юненко, А.В. Толбатов, С.В. Агаджанова, В.А. Толбатов, О.Б. Шандиба, С.В. Толбатов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2015. – №4. – С.194-201.

5. Побудова систем моніторингу, аналізу та оцінки прийняття рішень регіонального рівня для ситуаційних центрів АПК / С.В. Агаджанова, О.Б. В'юненко, А.В. Толбатов, В.А. Толбатов, К.Х. Агаджанов-Гонсалес / Діагностика функціонування регіональної економічної системи: монографія. / за наук. ред. Данька Ю.І., Медвідь В.Ю., Ковальової О.М. – Суми, «Університетська книга», 2019.

6. Izuakor C. Cybersecurity Trends in Agriculture. URL: <https://blog.veriato.com/cybersecurity-trends-in-agriculture>

7. Precision Farming: Harnessing Technology to Feed the World. URL: <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/precision-farming.html>

8. Наукове оточення сучасної людини: техніка і технології, інформатика. Книга 3. Частина 3: серія монографій / [авт. кол.: С.О. Гнатюк, А.В. Толбатов, В.А. Толбатов, С.В. Агаджанова, С.В. Толбатов та ін.]. - Одеса: КУПРИЄНКО СВ, 2020 - 83 с.

9. Толбатов А.В. Научное окружение современного человека: Экономика, Менеджмент, Медицина и фармацевтика, Химия, Биология, Сельское хозяйство, География и Геология: монографія / [авт. кол.: Львович И.Я., Н.М. Орлов, Преображенский А.П., Толбатов А.В., Чопоров О.Н. и др.]. – Одесса: КУПРИЄНКО СВ, 2018 – 175 с.

10. Толбатов С. В. Розробка архітектури інформаційної системи для реалізації алгоритмів моделювання та оцінки складності робіт / С. В. Толбатов, А. В. Толбатов, В. А. Толбатов // Сборник науч. трудов Sworld. – Иваново : МАРКОВА АД, 2014. – Т. 10, № 3(36). – С. 10–16.

Abstract. The paper considers the problems faced by business in terms of technological dependence; what can be done to ensure reliable data protection, to best serve agricultural enterprises and how farmers can protect themselves from modern cyber threats.

Key words: cybersecurity, agriculture, Internet of Things.



УДК 004.2

FEATURES OF THE INTRODUCTION OF HIGH-SPEED TRAIN TRAFFIC ON THE RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Dubrovskaya T.A. / Дубровская Т. А.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-5058-3190

Belarusian State University of Transport, Gomel, Kirova 34, 246000

Белорусский государственный университет транспорта,

Гомель, ул. Кирова 34, 246000

Abstract. The introduction of high-speed passenger trains is possible in the following options: construction of new lines; reconstruction of existing lines, including changes in the geometric parameters of the line (plan and longitudinal profile), which will require significant capital investments; the introduction of an improved rolling stock with the possibility of realizing the uncanceled lateral acceleration of $a_{ua} = 0.9 \text{ m/s}^2$ with the unconditional provision of the level of passenger comfort. In Belarus, the issue of increasing the speeds on existing lines can be solved in two ways: reconstruction of the geometry of the line plan or the use of improved rolling stock.

Keywords: reconstruction; high-speed; uncanceled acceleration.

Introduction

Introduction Belarus has an exceptionally advantageous geographical position in the trans-European system and is the connecting and shortest route between the East and the West, North and South.

The territory of the republic is crossed by two trans-European transport corridors, identified by international classification under number 2 (West - East) and under number 9 (North-South) (Figure 1). Transport corridor No. 9 connects Finland, Lithuania, Russia, Belarus, Ukraine, Moldova, Romania, Bulgaria and Greece, crosses the territory of the republic from north to south and bypasses the major industrial centers of Belarus - Vitebsk, Mogilev, Gomel. The length of the railway lines of transport corridor No. 9 is: direction Teryuha - Gomel - Vitebsk - Ezerishche (489 km); direction Gudogai - Molodechno - Minsk - Zhlobin.

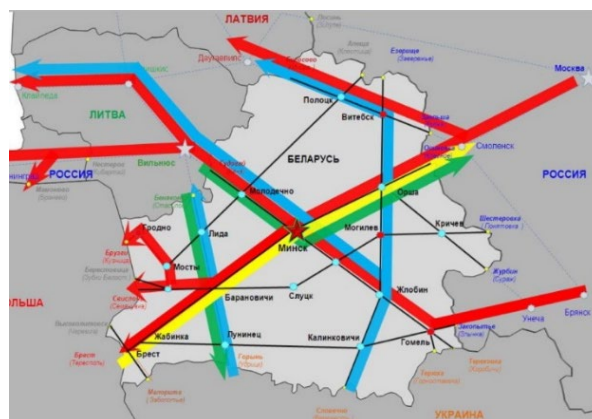


Figure 1. Transport corridors, passing through the territory of the Republic of Belarus



Methods of introducing high-speed railways

2.1 Options for the implementation of high-speed traffic.

The introduction of high-speed movement of passenger trains is possible in the following options: - construction of new lines; - reconstruction of existing lines, including changes in the geometric parameters of the line (plan and longitudinal profile), which will require significant capital investments; - the introduction of improved rolling stock with the possibility of realizing outstanding lateral acceleration $a_{ua} = 0.9 \text{ m/s}^2$ while unconditionally ensuring the level of ride comfort of passengers.

2.2 Features of the introduction of high-speed train traffic in the Republic of Belarus.

Currently, there is almost no high-speed traffic in the Republic of Belarus. There is one small section on which the speed of 160 km / h is realized - Lesnaya – Domanovo; in all other sections and directions, the route speeds are small.

Having analyzed the working conditions of railway transport in the Republic of Belarus, some features of the introduction of high-speed traffic can be highlighted. Among the main features:

- the introduction of high-speed traffic on existing lines for mixed freight and passenger transportation;
- the need for electrification of a number of areas;
- small distances between settlements, as well as the capital and regional centers and, as a result, relatively short routes of high-speed trains.

The disadvantages of the existing railway lines of the Republic of Belarus include a complex plan of lines and a high degree of infrastructure development. Basically, all railways pass through cities and towns.

In Belarus, the issue of increasing speeds on existing lines can be resolved in 2 ways: reconstruction of the geometry of the line plan or the use of improved rolling stock (Figure 2).

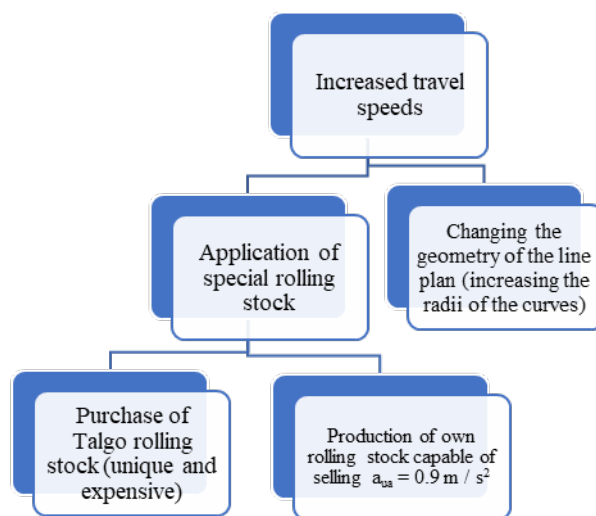


Figure 2. Methods of implementing high-speed traffic in Belarus

Changing the geometry of the line plan mainly refers to increasing the radii of the curves. At the same time, large capital investments are required in reconstruction



in the conditions of developed infrastructure around the existing railway lines (station building, contact network supports, etc.).

An alternative reconstruction is the application of an improved rolling stock capable of realizing higher speeds on existing curves.

As one of the main criteria for determining the speed of movement in the curves is the outstanding acceleration - a_{ua} , m / s^2 [1]. For passenger trains a_{ua} is assumed to be $0.7 m / s^2$. This criterion is a characteristic of smoothness and a condition for ride comfort. You can increase the speed in curves in the following ways:

- increasing the elevation of the outer rail;
- increasing the existing radius of the curves;
- increasing the rate of outstanding acceleration, etc.

The first and second options require lengthening the transition curves and re-laying the path, which is expensive and not always possible. In particular, it is difficult to do on lines with heavy freight traffic [2].

The third of the proposed solutions to the problem can be implemented using special rolling stock, which, in admission to operation, will have permission to operate with outstanding acceleration greater than $0.7 m / s^2$. To date, the ES2G «Lastochka» rolling stock ($a_{ua} = 0.9 m / s^2$) and the EP20 «Talgo» ($a_{ua} = 1,0 m / s^2$), running on the territory of the Russian Federation, have this permission.

2.3 The Choice of the optimal type of rolling stock.

This rolling stock (Swallow or Talgo), by increasing the allowed outstanding acceleration of $0.9 m / s^2$ and up to $1.4 m / s^2$, respectively, can reduce passengers travel time by an average of 15-20%. As shown by the studies of VNIIZHT JSC, the prolonged and repeated exposure to outstanding centrifugal acceleration up to $0.9 m / s^2$ inclusively, most people tolerate satisfactorily. The outstanding centrifugal acceleration equal to $1 m / s^2$ is tolerated satisfactorily for repeated and short-term impacts [3].

Rolling stock «Talgo» (ex. Patentes Talgo S. L., Spain) and «Swallow» (Russian Federation) can be purchased. However, often the high cost does not allow this.

This task of acquiring an improved rolling stock capable of realizing higher speeds in curves due to an increased rate of outstanding acceleration can be implemented in Belarus, since a representative office of the company Stadler, which is engaged in the production of rolling stock for the Belarusian Railway, is based on the territory of the republic. Having set a task for them, one can count on the production of a cheaper version of improved rolling stock.

Findings.

Thus, the travel time of passengers using rolling stock with an allowed outstanding acceleration of $0.9 m / s^2$ is reduced by 8% compared to conventional rolling stock, and in some sections by up to 15%.

References

Shahunyants, G.M. Railway track. M.: Transport, 1969 .-- 536 p.

T.A. Dubrovskaya, Analysis of the effect of outstanding acceleration on the speed of passenger trains / P. V. Kovtun, T. A. Dubrovskaya // "Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport", Kharkov,



2018. - No. 181. - P. 6-15 .

I.V. Smelyansky, Improving the standards of outstanding acceleration and its increment for modern rolling stock in high-speed traffic: abstract. dis. ... cand. tech. Sciences: 05.22.06 / I.V. Smelyansky: Mosk. Institute of Engineering railroad transp., 2008 .-- 208 p.

On establishing permissible train speeds on the Belarusian Railway: Order of the Belarusian Railway of July 2, 2013 No. 231N. - Minsk, 2013.

T. A. Rudenko, Evaluation of the effectiveness of the introduction of high-speed traffic in the Republic of Belarus / T. A. Rudenko // Materials of the international. scientific-practical conf. "MIIT Science - Transport" / - MIIT. - M., 2013 .-- S. II - 14 - II - 15.

A. A. Erofeev, Problems of increasing the speed of trains on existing railway lines / A. A. Erofeev, P. V. Kovtun, T. A. Dubrovskaya // Bulletin of BelGUT. - 2018. - No. 181. - S. 57-60.

I.N. Kravchenya, Determination of optimal train speeds in curves with the introduction of high-speed traffic [Text] / I. N. Kravchenya, T. A. Rudenko // Transport and transport logistics: Bulletin of scientific works of the Bryansk branch of MIIT, No. 2 (4). - Bryansk: LLC Design-Print, 2013. - S. 15-17.

T.A. Dubrovskaya, Efficiency criterion for the reconstruction of the line for high-speed movement of passenger trains / T. A. Dubrovskaya, P. V. Kovtun // "Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport", Kharkov, 2019. - No. 187. - P. 36–42 .

D. Kurhan, Features of perception of loading elements of the railway track at high speeds of the movement, Science and Transport Progress 56 (2) (2015) pp. 130-145

I.G. Lebid, I. N. Kravchenya, T. A. Dubrovskaya Technique of determining the railway reconstruction parameters at imposition of high speed traffic on the existing lines/ Ministry of Economics Development, Trade and the Silk State of Ukraine–Kiev, 2020 – 10 с. – Dep. Mineconomics 12.08.2020, № 98919 (In Engl)

Аннотация. Внедрение высокоскоростных пассажирских поездов возможно в следующих вариантах: строительство новых линий; реконструкция существующих линий, включая изменение геометрических параметров линии (план и продольный профиль), что потребует значительных капитальных вложений; внедрение модернизированного подвижного состава с возможностью реализации некомпенсированного бокового ускорения $a_{\text{нп}} = 0,9 \text{ м} / \text{с}^2$ с безусловным обеспечением уровня комфорта пассажиров.

В Беларуси вопрос увеличения скоростей на существующих линиях можно решить двумя способами: реконструкцией геометрии линейного плана или использованием улучшенного подвижного состава.

Ключевые слова: реконструкция, скоростное движение, непогашенное ускорение.

Статья отправлена: 30.01.2021 г.

© Дубровская Т. А.



UDC 625.25

WINTER ROAD MAINTENANCE EFFICIENCY IMPROVEMENT BY THE RATIONAL USE OF DEICING AGENTS**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРИГ ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРОТИОЖЕЛЕДНИХ МАТЕРІАЛІВ****Kravchenya I.M. / Кравченя І.М.***Ph.D. in Engineering Science., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-2670-639X

SPIN: 9108-9419

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Kirova 34, 246653**Білоруський державний університет транспорту, Гомель, вул. Кірова 34, 246653***Lebid I.H. / Лебідь І.Г.***Ph.D. in Engineering Science., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-0707-4179

Luzhanska N.O. / Лужанська Н.О.*Senior Lecturer / старший викладач*

ORCID: 0000-0002-1271-8728

*National Transport University, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, 01010**Національний транспортний університет, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010*

Abstract. To combat winter slipperiness, various deicing agents are used. They are applied depending on weather and climatic conditions as well as the type of winter road pavement maintenance. The development of the recommended seasonal strategy for the use of deicing agents is carried out taking into account the following factors: weather and climatic characteristics contributing to the occurrence of road slipperiness in winter and the patterns of its appearance. To determine the optimal size of deicing material procurement, their maximum stockpiling level, procurement frequency and the minimum costs, we used a stock management model with production.

Keywords: winter slipperiness, deicing agents, stock management model with production.

Introduction

Road network expansion caused by the constant growth of motor vehicle population and an increase in the volume of cargo turnover and passenger traffic are placing ever higher demands on road and street maintenance as well as traffic safety support. Particularly unfavorable conditions for car traffic occur in winter when snow and ice accumulations form on the road pavement.

The main task of winter road maintenance is to take a set of measures to ensure uninterrupted and safe road traffic on highways and streets including snow removal from roads and winter slipperiness reduction. Winter road slipperiness is a result of all the types of meteorological influences: packed snow, freezing of water on the road pavement (ice crust, glazed frost), black ice. Despite the fact that these are heterogeneous formations, they typically form an ice glaze with a glass-like structure.

Winter slipperiness has an adverse effect on road maintenance in winter. On slippery roads, driving speed and hauling capacity decrease with increasing transportation costs and the number of road accidents. The most severe slipperiness occurs when an ice glaze forms on the roadway, there are a chemical solution or snow-ice formations. In this case, the strain energy of rubber practically disappears



and the braking distance of a car increases. It depends on driving speed and adhesion coefficient value reflecting the safety of traffic flow [1, 2].

To improve winter road maintenance efficiency, an urgent task is to prevent and eliminate winter slipperiness through the rational use of deicing agents.

Statement of basic materials

The improvement of the condition of roads and streets with respect to use for traffic in winter is achieved by two methods: pre-treatment of roads with anti-icing agents for the prevention of snow-ice accumulations, and the enhancement of the adhesion qualities of snow-ice accumulations formed on the roadway by creating a rough surface with deicing agents.

In winter road maintenance, the following methods are used to combat winter slipperiness [3]:

– friction method – sand, fine gravel and other abrasives with a particle size of about 6 mm are scattered over the snow-ice layer surface. On relatively safe road sections, the mixture application volume is 0.3-0.4 m³ per 1000 m² of the road pavement. On slopes, intersections and short radius curves, the deicing material application rate is doubled. However, deicing materials do not stay on the roadway for a long time and are carried away by air masses generated by passing vehicles, are scattered by wheels and blown away by the wind. Frequent application is required to restore adhesion.

– chemical method implies the use of solid or liquid chemicals to melt snow and ice. The use of such substances melts and removes accumulations; the roadway area becomes wet and then dries. Melting ice with chemical agents is a physicochemical process that lies in ice melting and the formation of a water-salt solution, the freezing point of which is significantly lower than the water-ice transition temperature. With a decrease in air temperature, the melting ability of chlorides decreases causing their application rate to go up. In addition, when ice melts, solutions are formed. They can freeze resulting in new roadway area icing;

– combined chemical-friction method consists in the fact that friction materials mixed with NaCl, KCl, MgCl₂, CaCl₂ solid chlorides are scattered over the pavement surface. The advantage of sand-salt mixtures is that they do not freeze and do not slump. On relatively safe road sections, the mixture application rate is 0.1 - 0.2 m³ per 1000 m² of the road pavement, on accident black spots, this rate is 0.3 - 0.4 m³.

The frequency of road scattering, the sodium chloride distribution rate as well as the need for deicing agents are evaluated and calculated based on winter slipperiness occurrence, its duration, air temperature and the thickness of snow-ice accumulations.

The application of a stock management model with production in deicing material procurement

For the procurement and rational use of deicing agents, let us consider a stock management model with production [4, 5].

Setting up a problem.

To ensure safe winter road maintenance, a road construction department prosecutes deicing material procurement. During the winter period of T days, p tons of deicing agents are stockpiled daily. The deicing material application rate on road sections is d tons per day. Unused materials build up a stock. Its storage expenses are



h monetary units a day per 1 ton. Technological equipment operating costs connected with preparatory operations for the provision of deicing agents are K monetary units. What are the optimal size of deicing material procurement and its frequency? We need to determine the total minimum costs, the maximum stockpiling level, the procurement size during the winter period and material procurement duration.

Prerequisites for using the optimal order quantity planning model – a model with production:

- a road construction department produces deicing agents independently, stores and uses them at a constant pace;
- if the deicing material production rate is higher than the quantity demanded, then the surplus accumulates in a warehouse;
- when the quantity of deicing agents (stock level I) reaches its maximum value, production is terminated and deicing agents in stock are used;
- when the deicing material stock reaches its renewal point, the production is restarted.

Suppose Q is the size of deicing material procurement; T is the planning period duration (winter period); P is the production rate for the planning period; p is the production rate per unit of time; D is the quantity of demand for the planning period; d is the rate of deicing material consumption per unit of time; K is the fixed costs of production restart; H is relative storage costs for the period; h is relative storage costs per unit of time; S is a stock for the period; L is the time required to restart the production.

The optimal solution to the problem will be such a deicing material procurement size Q^* , whereby the total costs for the period are minimized and are equal to the sum of storage costs and the costs of a deicing material production restart.

The optimal size of deicing material procurement

$$Q^* = \sqrt{\frac{2dK}{h\left(1-\frac{d}{p}\right)}} = \sqrt{\frac{2DK}{H\left(1-\frac{D}{P}\right)}}. \tag{1}$$

Knowing the optimal deicing material procurement size, other optimal parameters of the system can be calculated:

- the costs of the deicing material production restart

$$C_1 = \frac{D}{Q^*} K; \tag{2}$$

- deicing material storage costs

$$C_2 = \frac{Q^*}{2} H \left(1 - \frac{D}{P}\right); \tag{3}$$

- the total minimal costs including storage costs and the costs of the deicing material production restart

$$C_{\min} = C_1 + C_2 = \frac{D}{Q^*} K + \frac{Q^*}{2} H \left(1 - \frac{D}{P}\right); \tag{4}$$

- the maximum deicing material stockpiling level



$$S^* = Q^* \left(1 - \frac{d}{p} \right) = Q^* \left(1 - \frac{D}{P} \right); \tag{5}$$

– the renewal point – the deicing material stockpiling level at which the production is restarted

$$R = dL \tag{6}$$

– the optimal size of deicing material procurement in winter

$$N = \frac{D}{Q^*}; \tag{7}$$

– the time interval between deicing material procurements

$$t = \frac{Q^*}{d} = \frac{T}{N}; \tag{8}$$

– deicing material production and consumption time

$$T' = \frac{S}{p - d}; \tag{9}$$

– deicing material consumption time and storage duration

$$T'' = \frac{S}{d}. \tag{10}$$

The dynamics of changes in the deicing material quantity is shown in Figure 1.

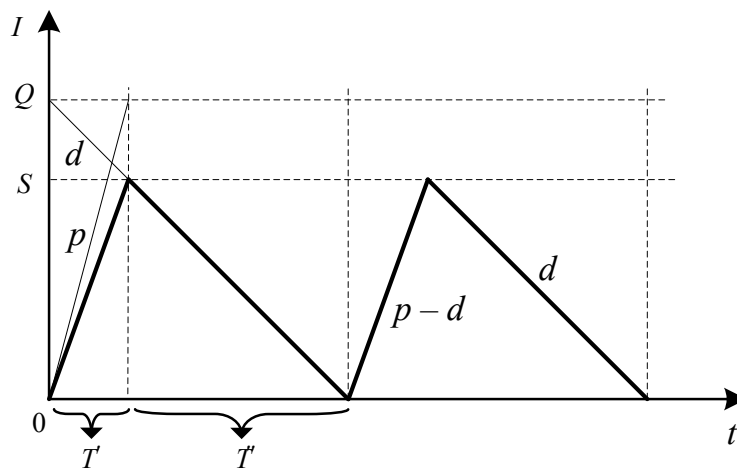


Fig. 1. Graph of the cycles of changes in the deicing material stock

Source: [5]

To solve the formulated problem, let us determine the optimal characteristics of the stock management model with production (1) – (10) for the procurement and rational use of deicing agents. In this case, $T = 90$ days, $p = 150$ tons, $d = 50$ tons, $h = 2.7$ monetary units a day per 1 ton, $K = 300$ monetary units.

Figure 2 shows an example of calculations in the Mathcad computer algebra system.



$T := 90$ $p := 150$ $d := 30$ $h := 1$ $K := 300$
 $P := p \cdot T$ $P = 1.35 \times 10^4$ $D := d \cdot T$ $D = 2.7 \times 10^3$ $H := h \cdot T$ $H = 90$

$Q := \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot K}{H \cdot \left(1 - \frac{D}{P}\right)}}$ $Q = 150$ $S := Q \cdot \left(1 - \frac{D}{P}\right)$ $S = 120$

$N := \frac{D}{Q}$ $N = 18$ $t := \frac{T}{N}$ $t = 5$

$T1 := \frac{S}{p - d}$ $T1 = 1$ $T2 := \frac{S}{d}$ $T2 = 4$

$C1 := \frac{D}{Q} \cdot K$ $C1 = 5.4 \times 10^3$ $C2 := \frac{Q}{2} \cdot H \cdot \left(1 - \frac{D}{P}\right)$ $C2 = 5.4 \times 10^3$

$C := C1 + C2$ $C = 1.08 \times 10^4$

Math

Calculator

Matrix

Fig. 2. Calculation of the characteristics of the stock management model with production

Authors` development

The cost curves for the deicing material production restart and storage as well as the total costs of stock management with production are shown in Figure 3.

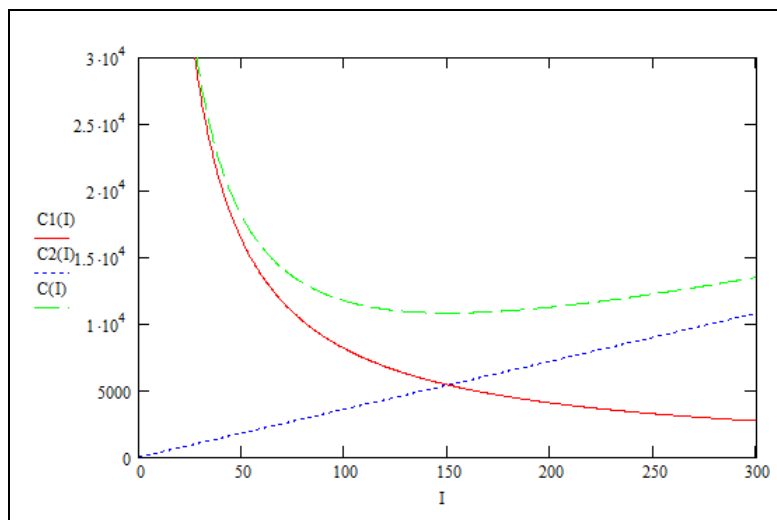


Fig. 3. Graph of the costs of stock management with production

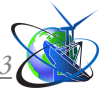
Authors` development

Conclusions.

For deicing procurement and rational use, the considered model of stock management with production makes it possible to determine the optimal deicing material procurement size, the time interval between procurements, the cost of anti-icing material production restart and storage, the total minimum costs, the maximum stockpiling level, procurement frequency during the winter period, procurement duration and the deicing material stockpiling level at which its production restarts.

References:

1. Guo H., Liu M. etc. A sunlight-responsive and robust anti-icing/deicing coating based on the amphiphilic materials // Chemical Engineering Journal, V. 402,



2020, 126161. doi.org/10.1016/j.cej.2020.126161

2. Shi X., Akin M., Pan T., Fay L., Liu Y., Yang Zh. Deicer Impacts on Pavement Materials: Introduction and Recent Developments / The Open Civil Engineering Journal, 2009, 3, p. 16-27. doi: 10.2174/1874149500903010016

3. Borisyuk N.V. Winter maintenance of urban roads: textbook / N. V. Borisyuk. – M.: MADI, 2014. – 132 p.

4. Taha, Hamdy A. Operations research: an introduction. – 10 th ed. – New Jersey: Upper Saddle River, 2017.

5. Bocharov D.I., Kravchenya I.N. Application of mathematical operation research models in solving production problems: a study guide for students of all specialties of the Construction Faculty, Gomel: BelSUT, 2009. - 191 p.

Анотація. Основним завданням зимового утримання автомобільних доріг є проведення комплексу заходів щодо забезпечення безперебійного і безпечного дорожнього руху на автомобільних дорогах і вулицях, включаючи очищення доріг від снігу та боротьбу із зимовою слизькістю. Для боротьби із зимовою слизькістю використовують різні протиожеледні матеріали, які призначають в залежності від погодно-кліматичних умов і виду зимового утримання дорожніх покриттів.

Визначення рекомендованої сезонної стратегії використання протиожеледних матеріалів здійснюється з урахуванням наступних факторів: погодно-кліматичних характеристик, що сприяють виникненню зимової слизькості на автомобільній дорозі, і закономірностей їх появи.

Для визначення оптимального обсягу заготівлі протиожеледних матеріалів, періоду часу між заготовками, витрат на відновлення виробництва і зберігання протиожеледних матеріалів, загальних мінімальних витрат, максимального рівня запасів, числа заготовок протягом зимового періоду, тривалості заготовки матеріалів і рівня запасів протиожеледних матеріалів, при якому відбувається відновлення їх виробництва, використовувалася модель управління запасами з виробництвом. Для автоматизації розрахунків і побудови залежностей витрат управління запасами з виробництвом використовувалася система комп'ютерної алгебри Matcad.

Ключові слова: зимова слизькість, протиожеледних матеріали, модель управління запасами з виробництвом.

Article submitted: 06.02.2021

© Kravchenya I.M., Lebid I.H., Luzhanska N.O.



УДК 351.746.1:355.535(477)

APPROACH TO CALCULATING THE REFERENCE MTBF FOR A SPECIFIC BRAND OF VEHICLE FLEET OF A BORDER DETACHMENT
ПІДХІД ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЕТАЛОННОГО НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ТЕХНІКИ КОНКРЕТНОЇ МАРКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКУ ПРИКОРДОННОГО ЗАГОНУ

Holovnia S.B. / Головня С.Б.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-8504-1199

National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine,

Khmelnyskyi, Shevchenko 46, 29000

Національна академія Державної прикордонної служби України,

Хмельницький, вул.Шевченко 46, 29000

Анотація. Розроблено підхід щодо визначення заданого напрацювання на відмову для кожної окремої марки транспортного засобу. На основі існуючої залежності між коефіцієнтом готовності і напрацюванням автомобіля виведена залежність напрацювання на відмову від коефіцієнта готовності техніки. Представлена залежність дозволила отримати модель прогнозу заданого напрацювання на відмову на основі пробігу та коефіцієнта готовності техніки, характерного для даного пробігу. Отримане задане значення напрацювання на відмову дозволяє шляхом порівняння визначати відхилення величини надійності марки техніки та в подальшому шукати причини, що призвели до даного відхилення.

Ключові слова: напрацювання на відмову, коефіцієнт готовності, надійність, транспортний засіб.

Вступ

Своєчасність реагування на зміни в обстановці на ділянці прикордонного загону гарантується за рахунок забезпечення підрозділів транспортними засобами із заданим рівнем безвідмовності. Забезпечення необхідного рівня безвідмовності відбувається за рахунок ефективного функціонування ремонтного підрозділу прикордонного загону. Ефективність ремонтного підрозділу визначається його здатністю підтримувати і відновлювати властивості техніки і забезпечувати заданий рівень безвідмовності транспортних засобів (напрацювання на відмову). Для визначення заданого рівня безвідмовності (напрацювання на відмову) транспортних засобів необхідно мати відповідний інструментарій [1]. Наявність такого інструментарію дозволить оцінювати ефективність роботи ремонтного підрозділу прикордонного загону та підтримувати технічну готовність парку техніки на необхідному рівні.

1. Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор.

Кількість публікацій, в яких проводилися дослідження підходів щодо оцінки безвідмовності транспортних засобів достатньо велика. Тому, свідомо не претендуючи на повноту аналізу, розглянемо деякі з них [2-4]. У перерахованих роботах досліджувались підходи щодо оцінки рівня безвідмовності на основі статистики відмов транспортних засобів, обробка яких потребує великих



часових витрат та має значну трудомісткість. Проте підходів, які б дозволяли оперативно визначати задане напрацювання транспортних засобів на відмову з мінімальною витратою часу та ресурсу немає. Тому виникає необхідність у проведенні додаткових досліджень.

Метою статті є розробка підходу щодо визначення заданого напрацювання на відмову окремої марки транспортних засобів автомобільного парку прикордонного загону, яка б дозволяла на основі фактичного значення пробігу транспортного засобу визначати відповідне до даного пробігу задане значення напрацювання на відмову.

2. Опис процесу розрахунку заданого напрацювання.

Технічна готовність транспортних засобів може характеризуватись комплексним показником надійності – коефіцієнтом готовності (K_g). Відповідно до ДСТУ [1] коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено. В той же час згідно досліджень Кузнецова Є.С. [2] ймовірність безвідмовної роботи транспортних засобів підпорядковується показовому (експоненціальному) закону розподілу. Узявши до уваги положення ДСТУ [1] та дослідження Кузнецова Є.С. [2], значення коефіцієнта готовності транспортних засобів можна розраховувати за наступним виразом:

$$k_g(t) = P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

де e – математична константа, число Ейлера; λ – інтенсивність відмов на інтервалі пробігу, км^{-1} ; t – інтервал напрацювання автомобільного парку, км .

Джерело: [2]

Графічно залежність (1) представлена на рис.1. Оскільки кожна i -та марка автомобільного парку в умовах кожного окремого прикордонного загону буде мати своє, характерне тільки для неї значення інтенсивності відмов, форма експоненціальної кривої може змінюватись.

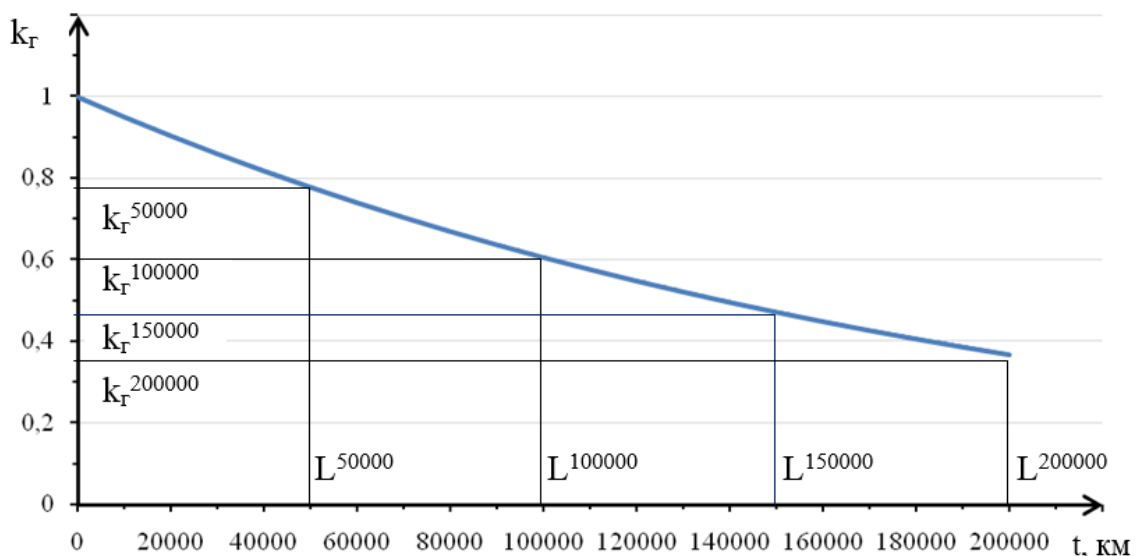
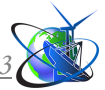


Рисунок 1 – Графік залежності коефіцієнта готовності від напрацювання на відмову техніки i -ї марки автомобільного парку

Джерело: [2]



Отримання статистичної залежності між коефіцієнтом готовності та пробігом дозволить в подальшому визначати на кожному етапі роботи автомобіля значення заданого для цього етапу життєвого циклу коефіцієнта готовності (K_g^{zad}).

Якщо прологарифмувати ліву та праву частину рівняння (1), а інтенсивність потоку відмов (λ) виразити через задане напрацювання на відмову (T_o^{zad}) виразом $\lambda = \frac{1}{T_o^{zad}}$, то задане напрацювання на відмову можна розрахувати на основі залежності:

$$T_o^{zadane} = \frac{1}{\frac{-\ln k_r^{zad}}{t}} = \frac{t}{-\ln k_r^{zad}} \quad (2)$$

Авторська розробка

Отримавши експериментальним шляхом графік залежності значень коефіцієнта готовності від пробігу транспортного засобу (рис. 1), є можливість, використовуючи представлену залежність розрахунку заданого напрацювання, отримувати еталонні характеристики напрацювань для кожної окремої марки техніки. В свою чергу це надасть можливість здійснювати контроль за рівнем готовності кожної окремої одиниці техніки та парк техніки в цілому.

Висновки.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження був розроблений підхід, що дозволяє на основі значення фактичного пробігу транспортного засобу i -ї марки (t) визначати для цього пробігу величину заданого напрацювання на відмову транспортного засобу окремої марки автомобільного парку прикордонного загону. Представлений підхід дозволяє визначати нормативи щодо рівня безвідмовності (величини напрацювання на відмову) марок транспортних засобів та в подальшому оцінювати на основі цього ефективність роботи ремонтного підрозділу прикордонного загону, корегувати рівень технічної готовності транспортних засобів прикордонного загону. Отримані результати призначені для подальшого використання у процедурі оцінки ефективності функціонування системи технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів прикордонного загону.

Для перевірки адекватності запропонованого підходу пропонується застосувати в умовах конкретного прикордонного загону. У подальшому для автоматизації розрахунків існує необхідність у розробці програмного забезпечення методики

Література

1. Надійність техніки. Терміни та визначення : ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 01.01.1996]. – К. : Держспоживстандарт України, 1994. – 94 с.
2. Кузнецов Е. С., Болдин А.П., Власов В.М. и др. Техническая эксплуатация автомобилей. - 4-е изд. изд. - М.: Наука, 2001.
3. Проников, А. С. Надежность машин / А. С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978.



4. Баженов, Ю.В. Основы теории надежности машин: учеб. пособие // Ю.В. Баженов. – Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2006.

References.

1. Nadijnistj tekhniky. Terminy ta vyznachennja: DSTU 2860-94. – [Chynnyj vid 01.01.1996]. – K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 1994.
2. Kuznetsov Ye. S., Boldin A.P., Vlasov V.M. i dr. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley. - 4-e izd. izd. - M.: Nauka, 2001
3. Pronikov, A. S. Nadezhnost mashin / A. S. Pronikov. – M.: Mashinostroenie, 1978
4. Bazhenov, Yu.V. Osnovy teorii nadezhnosti mashin: ucheb. posobie // Yu.V. Bazhenov. – Vladim. gos. un-t. – Vladimir, 2006

Abstract.

Introduction. *The efficiency of the repair unit is determined by its ability to maintain and restore the properties of equipment and ensure a given level of reliability of vehicles (failure time). To determine the specified level of reliability (failure time) of vehicles, it is necessary to have the appropriate tools.*

Analysis of recent research. *The number of publications that have studied the approaches to assessing the reliability of vehicles is quite large. However, there are no approaches that would allow you to quickly determine the specified operating time of vehicles for failure with minimal time and resources. Therefore, there is a need for additional research.*

Description of the process of calculating a given operating time. *Technical readiness of vehicles can be characterized by a complex indicator of reliability - the coefficient of readiness. At the same time, according to research, the probability of failure-free operation of vehicles is subject to the indicative (exponential) law of distribution. Based on this, an approach has been developed to determine the specified failure time for each individual vehicle brand. On the basis of the existing dependence between the coefficient of readiness and operating time of the car the dependence of operating time on refusal of the coefficient of readiness of equipment is deduced. The presented dependence allowed to receive the model of the forecast of the set operating time on failure on the basis of run and the coefficient of readiness of equipment characteristic of the given run.*

Conclusions. *The obtained set value of the failure time allows by comparison to determine the deviation of the value of the reliability of the brand of equipment and further to look for the reasons that led to this deviation.*

Key words: *operating time to failure, readiness factor, reliability, vehicle.*



УДК 656.135

**OPERATIONAL ANALYSIS METHOD FOR THE LIGHT-DUTY VEHICLES
CONSIDERING THE TRANSPORTATION CONDITIONS BY THE
CRITERION OF THEIR ENERGY RESOURCE EFFICIENCY****МЕТОДИКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ АВТОМОБІЛІВ МАЛОЇ
ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ З УРАХУВАННЯМ УМОВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗА
КРИТЕРІЄМ ЇХ ЕНЕРГОРЕСУРСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ****Halona I.I. / Гальона І.І.***Senior Lecturer. / ст. викладач*

ORCID: 0000-0002-1484-1682

Pitsyk M.H. / Піцик М.Г.*Ph.D./к.т.н*

ORCID: 0000-0001-8357-2538

*National Transport University, Kyiv, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka St, 1, 01010**Національний транспортний університет, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010*

Abstract. Modern methods of choosing rolling stock do not allow to provide innovative and technological energy saving and to assess and predict the suitability of a light-duty vehicle (LDV) for energy-saving transport technologies. Buyers are faced with a choice among a wide variety of new models and modifications of the LDVs with the different options of the structural and parametric organization of the vehicle design, which, despite the high level of technical parameters, do not meet the requirements of energy-resource-saving operation of the rolling stock.

Key words: light-duty vehicle, structural and parametric organization of the vehicle design, innovative and technological energy saving, transport technologies, energy efficiency indicator.

Introduction.

In the existing selection methods of the rolling stock for the certain operating conditions, transport companies use such important factors as the structural and parametric organization of the vehicle design (SPOVD), type and condition of the road surface and technological procedures. Therefore, these methods do not allow to ensure innovative and technological energy saving and to assess and predict the suitability of a light-duty vehicle (LDV) for energy-efficient transport technologies. In connection with the above, it becomes relevant to develop and use the LDV operational analysis methodology taking into account the transportation conditions according to the criterion of their energy efficiency, taking into account road conditions, operational properties, design and technical parameters.

Main part.

The existing methods of the road transport organization and economics [1,2,3] do not provide an increase in the energy-resource efficiency of transport during operation according to the concept of technological energy-resource saving. They solve only the problems of cost-effectiveness of transport, organizational and commercial operation, failing to incorporate the machinery parameters. Therefore, these techniques are non-technical, non-technological, energetic and non-resource. In addition, in the theory of transport processes, motor vehicle is theoretically considered as a one-parameter vehicle (that is, a simplified scheme), and not as a complex carrier of technical resources, in fact the load-bearing body [4,5]. This simplified diagram allows determining the motor vehicle performance indicators and



the cost of motor transportation without taking into account their design and technical parameters, and technological processes of energy conversion. Through a simplified calculation scheme, the existing methods of technical, transport and economic analysis of the LDV performance do not ensure the realization of the above-mentioned concept of development and strategy of increasing the technical and technological competitiveness of the road transport services. Information parity between seller and buyer is also important and necessary, as the latter are interested in improving transport energy efficiency.

Analysis of the new and promising LDV models shows that cars do not meet the requirements for improving their level of energy efficiency.

Operational justification of the choice of the LDVs based on the criterion of their energy efficiency is an important stage of the vehicle life cycle (VLC) in the implementation of the energy saving concept during the LDV operation.

In the proposed methodology, the choice of LDVs and the assessment of their energy resource efficiency is based on the indicators of energy efficiency, the effectiveness of technological influences and consumer qualities for LDV various brands and models.

In order to have a unified approach, the generic type automobile model is used, taking into account the structural parameter organization of the automobile in the form of 4 devices and 14 structural modules. This method allows analysing and selecting the LDV from a set of proposals that best meet the requirements of energy efficiency under certain operating conditions.

The purpose of the LDV operational analysis methodology is to assess and select the vehicles, which characteristics will meet the requirements of energy and resource saving operation, taking into account road conditions, operational characteristics and structural and technical parameters of the LDV.

To develop the methodology, the following tasks were solved:

- analysis of the technical characteristics of the LDV;
- analysis of the characteristics of the LDV operating conditions;
- determination of the LDV functioning features during operation;
- refinement of the mathematical models for operational improvement of the energy resource efficiency of the LDV;
- development of an algorithm for implementing the LDV operational analysis methodology.

The mathematical formulation of the problem of the LDV operational substantiation has the form:

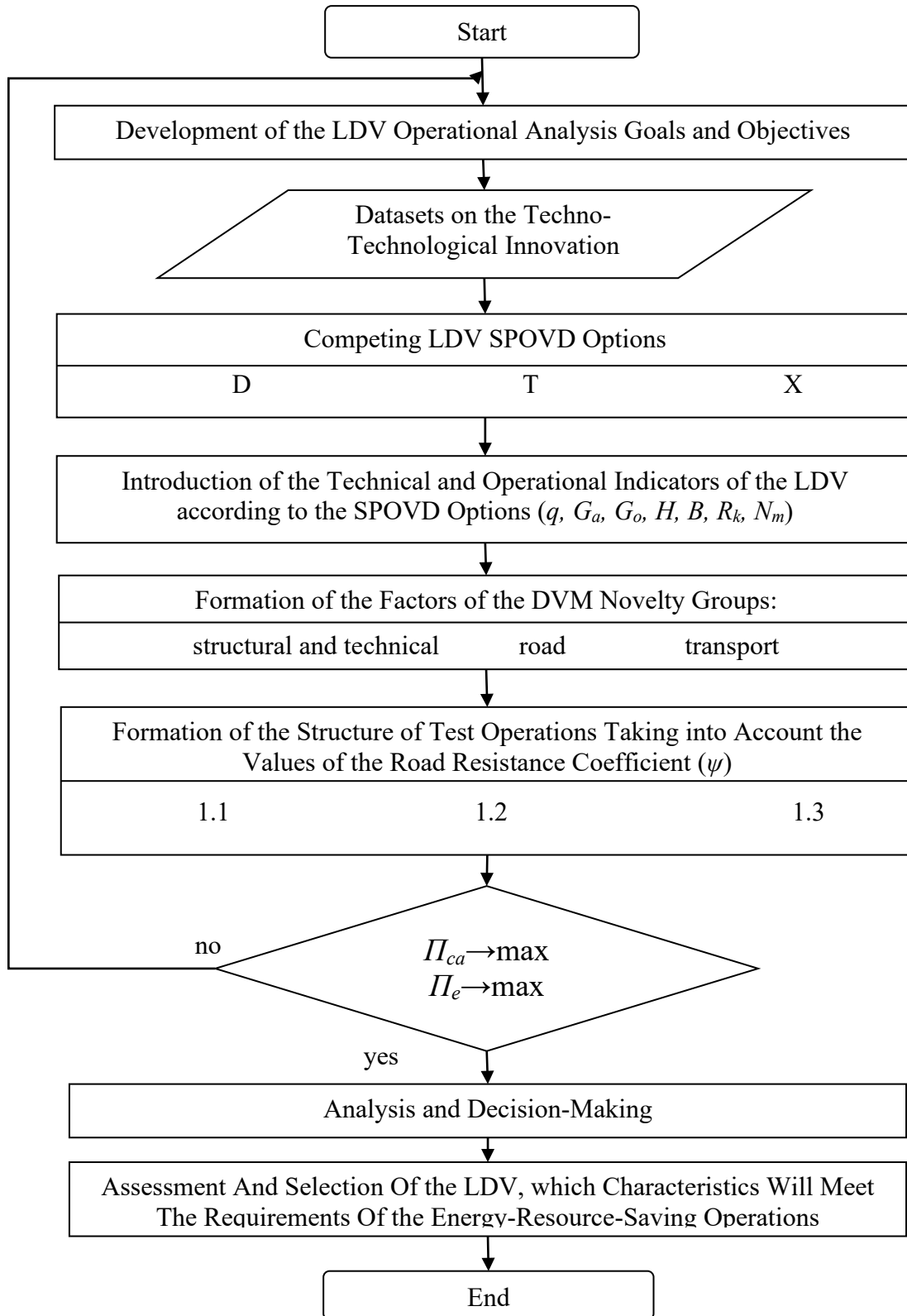
Given data:

- 1) Type of the LDV for the intended purpose;
- 2) Competing SPOVD options;
- 3) Technical characteristics of the LDV;
- 4) Characteristics of the operating conditions (length of route; average continuous distance of the vehicle; characteristics of the road)
- 5) The LVD energy efficiency requirements;
- 6) Performance and cost requirements.

Determine the SPOVD options that will meet the requirements of energy-



resource-saving operation.



D – engine device; T – transmission; X – chassis; q – load capacity; G_a – LDV gross weight; G_o – LDV weight; H – LDV overall height; B – LDV total width; R_k – wheel radius; N_m – minimum idling RPM; 1.1 – city driving; 1.2 – highway driving; 1.3 – mixed driving regime; ψ₁ – road drag coefficient; Π_{ca} – LDV consumer quality index.

Fig. 1 – Algorithm for the LDV operational analysis taking into account the transportation conditions by the criterion of their energy resource efficiency

Authors' development



The LDV operational analysis algorithm is presented in Figure 1. It presents the sequence of procedures and the implementation of the decision-making methods to increase the LDV energy efficiency. By the method of simulation parametric modelling of the LDV functioning with different characteristics of the structural modules and taking into account different characteristics of the routes and road conditions, the functional dependences are obtained.

The functional dependencies of the energy efficiency measure Π_{ep} and energy equivalent cost S_{WE} on the design parameters, transportation conditions and road characteristics (tables 1, 2) are established by regression methods:

$$y = k_1 x^2 + k_2 x + k_3 \quad (1)$$

where k_1, k_2, k_3 – equation coefficients;

x – variable parameter.

Table 1

Energy efficiency coefficients values dependence on the design parameters and road characteristics

Dependences	Equation Coefficients			Correlation Coefficient R^2
	k_1	k_2	k_3	
1. $\Pi_{ep} = f(N_m)$	0,0046	-0,0536	0,3414	0,99
2. $\Pi_{ep} = f(U_0)$	-0,0405	0,2455	-0,105	0,91
3. $\Pi_{ep} = f(r)$	-0,0988	0,3084	0,0294	1
4. $\Pi_{ep} = f(dV)$	-0,0155	0,055	0,2115	1
5. $\Pi_{ep} = f(L_{nep})$	-0,0115	0,1088	0,0773	0,99
6. $\Pi_{ep} = f(f_{ок})$	-0,0075	0,0219	0,2365	0,99

Authors' development

Table 2

The energy cost S_{WE} coefficient value dependence on structural parameters

Dependences	Equation Coefficients			Correlation Coefficient R^2
	k_1	k_2	k_3	
1. $S_{WE} = f(U_0)$	-0,4258	2,4477	-1,1168	0,78
2. $S_{WE} = f(N_m)$	0,025	-0,241	2,065	0,99
3. $S_{WE} = f(r)$	-0,396	1,364	0,536	1

Authors' development

Conclusion.

The presented dependencies can be used to predict changes in the energy efficiency indicators when changing the design and road characteristics. This will make it possible to carry out the selection of the LDV, which will ensure consideration of the structural-technical, road and traffic conditions complex and will be in line with the concept of energy saving.

Література

1. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. К.: Вища школа, 1986. 447 с. 143
2. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Основы теории



транспортных процессов и систем. Волгоград : ВолгПИ, 1992. 192 с.

3. Дмитриченко М. Ф., Яцківський Л. Ю., Ширяева С. В., Докуніхін В. З. Основи теорії транспортних процесів і систем: навчальний посібник для ВНЗ. К. : Видавничий Дім «Слово», 2009. 336 с.

4. Хабутдинов Р. А. Управление энергоресурсной эффективностью автомобиля в его жизненном цикле. Материалы международной научнотехнической конференции “Проблемы транспорта и пути их решения”. Киев. 1997. С. 56-57.

5. Хабутдінов Р. А., Гальона І. І. Мотиваційний аналіз концептуальних переваг перевізника-покупця автомобіля малої вантажопідйомності за принципом життєвого циклу //Вісник Національного транспортного університету. – 2015. – №. 31. – С. 525-531.

Анотація. Сучасні методи вибору рухомого складу не дають змогу забезпечити іноваційно-технологічне енергозбереження та оцінити і спрогнозувати придатність автомобіля малої вантажопідйомності (АМВ) до енергозберігаючих транспортних технологій. Покупці стоять перед вибором серед великого різноманіття нових моделей та модифікацій АМВ з різними варіантами СПОКА, які, не зважаючи на високий рівень технічних параметрів, не відповідають вимогам енерго-ресурсозберігаючої експлуатації рухомого складу.

Ключові слова: автомобілі малої вантажопідйомності, структурно-параметрична організація конструкції автомобіля, іноваційно-технологічне енергозбереження, транспортні технології, показник енергетичної ефективності

Стаття відправлена: 07.02.2021 р..

© Гальона І.І., Піцик М.Г.



УДК 656.08 (476.2)

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF SPEED SENSORS ON THE COMMISSION OF ACCIDENTS DUE TO VIOLATIONS OF THE ESTABLISHED SPEED LIMITS IN THE CITY OF GOMEL AND GOMEL REGION

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ НА СОВЕРШЕНИЕ ДТП ПО ПРИЧИНЕ НАРУШЕНИЯ УСТАНОВЛЕННЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ В Г. ГОМЕЛЕ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Dauhulevich V.A. / Довгулевич О.А.

Senior Lecturer / старший преподаватель

ORCID: 0000-0002-3049-1387

SPIN: 0000-0000-6534-4202

Belarusian State University of Transport, Gomel, Kirova 34, 246653

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, ул. Кирова, 36, 65029

Abstract. The enforcement with automated speed sensors is the most effective way to reduce speed. The paper examines the impact of the installation of stationary and mobile speed sensors on the number of accidents caused by violations of the speed limit. Two identical time periods are considered - three years before the installation of speed sensors and three years after their installation. The research is carried out with the help of the software package Statistica.

Key words: speed, speed sensors, accidents, accidents caused by speeding violations, the quantitative analysis, the topographical analysis, speed limits, significance level.

Introduction.

Speed has a positive effect on mobility because it reduces transportation time, but it plays a dramatically negative role in accidents, increasing both the likelihood of an accident and the severity of the consequences. Speed also increases pollution and noise, and adversely affects living conditions in urban areas. But it should not be forgotten that speeding or inappropriate speed is the biggest traffic problem in most countries [1].

Speeding depends on many factors such as age, driver gender, blood alcohol content, aspects related to road layout and surface quality as well as power and maximum speed of the vehicle.

The need to maintain optimum speed is governed by paragraph 87 of the Road Regulations, which states: "When choosing the speed the driver must consider the intensity of traffic, the characteristics and condition of the vehicle and its cargo, road and meteorological conditions, in particular the visibility in the direction of travel." [2].

There are a number of measures established by laws and regulations to limit speed in cities.

Speed limits need to be enforced in order to be effective in their role. The enforcement of speed limits takes different forms in different circumstances and may involve a manual or automated approach.

Manual speed enforcement usually involves a fixed observation point equipped with a speed measurement device, and the presence of another police unit at some distance from it on the same road with the power to stop speeding vehicles and impose fines on drivers.



Stationary and mobile speed sensors, which can be either visible or hidden, are used for automated speed control. There are about half a thousand of them installed in the Republic of Belarus. [3] Stationary speed sensors are installed in a certain place, usually they are mounted in a housing installed on a pole. Mobile speed sensors are not tied to the place of installation, they are usually mounted on tripods, transported to the place of installation by operational vehicles and operated by a specially trained person.

This enforcement with automated speed sensors is the most effective way to reduce speed.

Statement of basic materials.

To assess the impact of speed sensors on accidents due to violations of the established speed limits using topographical analysis in the city of Gomel, Gomel district and Gomel region we analyzed the accident rate for two conditional periods - the period 1 - before the installation of speed sensors from 2012 to 2014 and the period 2 – the period of application of speed sensors from 2015 to 2017.

The quantitative analysis showed that the most accidents occurred in the period 1 – from 2012 to 2014 (Table 1, 2, 3).

Table 1

Accidents from 2012-2014(1) to 2015-2017(2) in Gomel

Period	Total number of accidents			Accidents caused by speeding violations		
	Total number of accidents	Number of victims	Number of fatalities	Total number of accidents	Number of victims	Number of fatalities
1	554	587	53	22	26	11
2	452	495	42	22	30	3

Author's development

Table 2

Traffic accidents in the periods 1 and 2 for Gomel district

Period	Total number of accidents			Accidents caused by speeding violations		
	Total number of accidents	Number of victims	Number of fatalities	Total number of accidents	Number of victims	Number of fatalities
1	242	267	69	43	44	11
2	159	172	60	44	50	17

Author's development

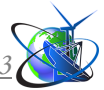
Table 3

Traffic accidents in the periods 1 and 2 in Gomel region

Period	Total number of accidents			Accidents caused by speeding violations		
	Total number of accidents	Number of victims	Number of fatalities	Total number of accidents	Number of victims	Number of fatalities
1	1617	2677	520	200	220	60
2	1077	1161	249	184	210	45

Author's development

The largest share of accidents (for all violations) accounted for accidents involving pedestrians. In the case of analysis of accidents caused by speeding



violations, the largest share of accidents is caused by hitting an obstacle in Gomel.

The qualitative analysis showed that the most common type of traffic rules violation that caused the accident was crosswalk violation (this violation accounted for 29% of all accidents from 2012-2014 and also 29% for 2015-2017, respectively).

For the topographical analysis, we used an accident map, which included all accidents that occurred during the period under study. The highest concentration of traffic accidents in Gomel is observed in the following areas: the intersection of Barykin Street, Bogdan Khmel'nitsky Street and Rechitsky Avenue; the intersection of Sovetskaya Street with Telman Street; the intersection of Proletarskaya Street with Gagarin Street; the stopping point "Electroapparatus Plant" st. Sovetskaya St.

In the process of linking the locations of installation of speed sensors to the places where accidents occurred, it was revealed that 6 accidents due to violations of speed limits occurred in the places where some sensors will subsequently be placed. No accidents due to speeding violations were recorded at the locations where the sensors were installed after the placement of the speed sensors.

Further, the Statistica software package was used to assess the impact of speed sensors on accidents due to violations of the established speed limits.

Pearson's χ^2 criterion was used for the analysis. Figures 1 and 2 show the study of the significance of accidents with violations of speed limits in the total number of accidents in Gomel for the periods 2012-2014 and 2015-2017.

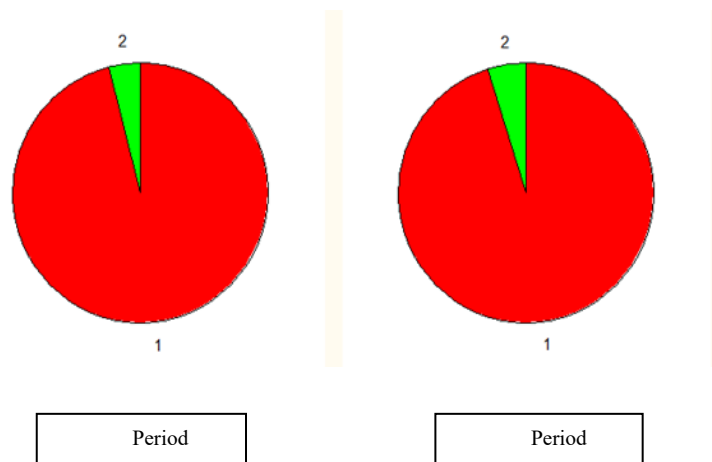


Figure 1 - Pie charts

Author's development

Summary Table: Expected Frequencies (Spreadsheet1)
 Marked cells have counts > 5
 Pearson Chi-square: ,461081, df=1, p=,497121

Function	Period		Row Totals
	2012-2014	2015-2017	
1	527,8088	432,1912	960,000
2	24,1912	19,8088	44,000
All Grps	552,0000	452,0000	1004,000

Figure 2 - Table of expected frequencies

Author's development

Figure 2 shows that the significance level is $p=0.497$, therefore, accidents due to speeding violations are insignificant in the total number of accidents.

Using Wilcoxon criterion and Student's T-criterion, possible differences in the



number of accidents due to violations of speed limits near the places where mobile speed sensors were installed before and after installation of sensors were established.

The studies were conducted separately for mobile and stationary speed sensors.

Since the normality test of the distribution (Figure 3a) of the Kolmogorov-Smirnov function showed that $p < 0.2$ and $p \geq 0.05$, therefore, the function is normal. For further research, Student's t-criterion was used.

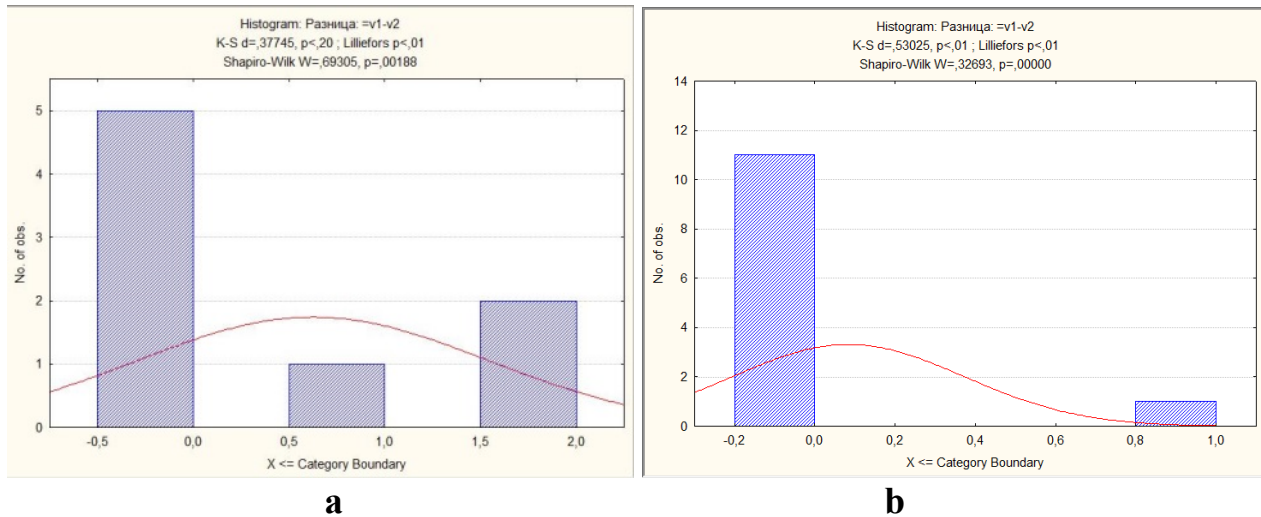


Figure 3 - Frequency histograms (a - stationary speed sensors, b - mobile speed sensors)

Author's development

Figure 4 shows that the significance level $p < 0.05$, therefore, the differences in the number of accidents due to violations of speed limits before and after the installation of stationary sensors are significant.

T-test for Dependent Samples (Wilcoxon stationary)								
Marked differences are significant at $p < ,05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Before	0,625000	0,916125						
After	0,000000	0,000000	8	0,525000	0,916125	1,929612	7	0,094976

Figure 4 - T-test of dependent paired variables

Author's development

Since Kolmogorov-Smirnov distribution normality test showed that $p < 0.01$ and $p \geq 0.05$, therefore, the function is non-normal (Figure 3b). For further research we will use Wilcoxon criterion.

Wilcoxon Matched Pairs Test (Spreadsheet9)						
Marked tests are significant at $p < ,05000$						
Pair of Variables	Valid N	T	Z	p-level		
Before& After the installation	12	0,00				

Figure 5 - Test of Dependent Paired Variables

Author's development

Figure 5 shows that the level of significance $p < 0,05$, therefore, the differences



in the number of accidents due to violations of the speed limit before and after the installation of mobile sensors are significant.

Conducting an analysis using Wilcoxon criterion we can conclude that the installation of speed sensors has a significant effect in reducing the number of accidents. At the same time after the installation of speed sensors no accidents due to violations of speed limits at the locations of the sensors have been recorded.

Similar studies were conducted for similar periods for Gomel district and Gomel region. The researches were also conducted separately for mobile and stationary speed sensors.

We can conclude that the accidents caused by speeding violations in Gomel district are significant in the total number of accidents. The differences in the number of accidents caused by speed violations before and after the installation of both stationary and mobile speed sensors are significant. Conducting an analysis using Wilcoxon criterion, we can conclude that the installation of speed sensors has a significant effect in reducing the number of accidents in the areas where they are installed. At the same time after the installation of speed sensors no accidents due to violations of speed limits in the areas where sensors are installed, in most cases, have been recorded. However, based on studies we can observe that in the case of stationary sensors, accidents were not recorded near all five sensor locations before their installation, while in the case of mobile sensors, accidents were recorded only in one location out of ten.

We can conclude that accidents due to violations of speed limits in Gomel region without the city of Gomel and Gomel district are significant in the total number of accidents. The differences in the number of accidents before and after the installation of speed sensors are insignificant.

Conclusions.

Thus, conducting research on the significance of accidents due to speeding violations in the total number of accidents, we can conclude that accidents in Gomel,

Gomel district and Gomel region are significant in the total number of accidents for the periods under consideration 2012-2014 and 2015-2017, that is, before the installation of speed sensors and after it. The differences in the number of accidents due to speeding violations before and after the installation of both stationary and mobile speed sensors in Gomel and Gomel region are significant, and in Gomel district - not significant. At the same time after the installation of speed sensors no accidents of this type were registered in the places where the sensors were installed.

References.

1. Speed management: A road safety manual for managers and professionals. Geneva, Global Road Safety Partnership, 2008. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/speed_manual_ru.pdf
2. Rules of the Road, approved by Presidential Decree No. 551 of November 28, 2005 (as amended by Presidential Decree No. 492 of December 30, 2019 "On Amending the Decrees of the President of the Republic of Belarus").
3. Map of placement of stationary speed sensors in the Republic of Belarus



[Electronic resource]. - Access mode: <https://speed-control.by/index.php/by/equipment-by>

Abstract. Наиболее эффективным способом снижения скорости является применение автоматических датчиков скорости. В работе рассматривается влияние установки стационарных и мобильных датчиков контроля скоростного режима на количество совершенных дорожно-транспортных происшествий по причине нарушения установленного скоростного режима. Рассматриваются два одинаковых временных периода – три года до момента установки датчиков контроля скорости и три года после установки. Исследования проводятся в помощью программного пакета Statistica.

Key words: скорость, датчики скорости, ДТП, вызванные превышением скорости, количественный анализ, топографический анализ, пределы скорости, уровень значимости.

Article submitted: 08.02.2021

© Dauhulevich V.A.



УДК 656.135

METHODOLOGY OF POST-OPERATING JUSTIFICATION OF THE CHOICE FOR THE LIGHT-DUTY VEHICLES OF THEIR ENERGY EFFICIENCY**МЕТОДИКА ПІСЛЯЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АВТОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ ЗА ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ****Halona I.I. / Гальона І.І.***Senior Lecturer. / ст. викладач*

ORCID: 0000-0002-1484-1682

Pitsyk M.H. / Піцик М.Г.*Ph.D./к.т.н*

ORCID: 0000-0001-8357-2538

*National Transport University, Kyiv, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka St, 1, 01010**Національний транспортний університет, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010*

Анотація. Встановлено, що існуючі розрахункові схеми теорії транспортних процесів не можуть бути використанні для вирішення задач обґрунтування АМВ з точки зору довгострокової мети перевізника-покупця нового АМВ, а саме - формування вимог до майбутніх проектів АМВ, так як вони не враховують конструктивно-технічні, транспортно-експлуатаційні та дорожні фактори, що впливають на ефективність функціонування АТЗ. Дана проблема може бути вирішена за допомогою методів заснованих на теорії енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу.

Ключові слова: автомобілі малої вантажопідйомності, структурно-параметрична організація конструкції автомобіля, іноваційно-технологічне енергозбереження, транспортні технології, показник енергетичної ефективності

Вступ.

На сучасному етапі технічна політика світових виробників АМВ така, що буває складно оцінити порівняльні переваги того чи іншого варіанта конструкції за допомогою методів теорії автомобіля. В даній теорії не використовуються методи техніко-економічного обґрунтування нових АТЗ, а методи, що існують не враховують принципи ефективної економії енергії і ресурсів та прогресивності конструкцій автомобіля. Але перед цими методами і не ставилась задача аналізу конструкцій проектних АТЗ з урахуванням вигідності і витратності варіантів конструкції для споживача.

Зважаючи на це, запропоновано нову методику яка на відміну від існуючої заснована на використанні техніко-економічного підходу обґрунтування нових АМВ і дає змогу науково-обґрунтовано вирішувати задачі технологічно-якісної експлуатації АТЗ як носія технічних ресурсів транспорту. Особливістю даної методики є використання математичного апарату теорії енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу розробленою проф. Хабутдіновим Р. А.[1].

Чутливість математичних моделей енергетичної ефективності АТЗ дозволяє вирішити задачу яка постає перед споживачем при виборі АМВ. При цьому обґрунтовується важливий для експлуатації РС аспект – вплив зміни конструктивних параметрів на енерговіддачу проекту перевезення [2,3].



Практична задача аналізу виникає при виборі автомобіля з декількох варіантів однотипних конструкцій, які відрізняються одна від одної значенням тільки однієї їх характеристики структури або параметром. При параметричному аналізі може розглядатись група автомобілів одного типу, які відрізняються значеннями тільки одного параметра при інших рівних умовах.

Основна частина.

На початковому етапі, згідно принципу споживчої орієнтованості, формуються вимоги на якість первинного попиту – рівень енерго- і ресурсозберігаючу якість автомобільних послуг (ЕРЯАП) [4,5]. Потім формується бажаний напрям (план) розвитку транспортного фактору, із якого витикають вимоги до технічної достатності фактору структурно-параметричної організації конструкції А. Далі, з урахуванням фактичного рівня фактора СПОКА і економічних обмежень формуються рівні транспортного, трудового і економічного факторів відтворення АП. При аналізі варіантів розвитку факторів вибирають ті рішення, які забезпечують кумулятивне збереження енергії і ресурсів, тобто накопичення економії в кінцевому результаті процесу відтворення АП.

В умовах ринкової економіки розвиток автотранспортної системи визначається взаємодією попиту та пропозицій на ЕРЯАП і ресурсного товару (автомобіля). Причому стадії розробки, створення і продажу-купівлі АМВ є етапами формування конструктивно-технічного фактору процесу відтворення автотранспортних послуг (АП). Для реалізації кумулятивного збереження енергії та ресурсів необхідно виконати дві умови. По-перше, попит на автомобілі повинен формуватися на основі оцінки покупцем рівня показника його споживчої енерго- і ресурсозберігаючої якості (СЕРЯА). По-друге, на стадії експлуатації необхідно таким чином координувати транспортний, трудовий та економічний фактори, щоб максимізувати корисність автомобіля малої вантажопідйомності шляхом повного використання закладеного в конструкції А потенціалу СЕРЯА [6].

Метою методики є формування експлуатаційних вимог до СПОКА нових АМВ, до основних технічних параметрів з урахуванням запланованих умов майбутньої експлуатації (транспортних, дорожніх).

Для розробки методики післяексплуатаційного обґрунтування вибору АМВ були вирішені наступні задачі:

- аналіз споживчої орієнтованості на проекти АМВ;
- аналіз вимог на якість первинного попиту для проекту АМВ;
- аналіз технічних характеристик АМВ;
- аналіз умов експлуатації АМВ;
- уточнення математичних моделей для післяексплуатаційного обґрунтування АМВ;
- розробка алгоритму та методики післяексплуатаційного обґрунтування вибору АМВ.

Математична постановка задачі формування вимог до СПОКА нових АМВ формується наступним чином:

Задані:



- 1) споживча орієнтованість на АМВ;
- 2) базова модель АМВ;
- 3) вимоги до технічної достатності СПОКА АМВ;
- 4) економічні обмеження;
- 5) рівні транспортного, трудового і економічного факторів відтворення АП.

Сформувати:

- 1) експлуатаційні вимоги до СПОКА нових АМВ.
- 2) експлуатаційні вимоги до СПОКА для нових проектів перевезень АМВ.

Таблиця 1

Показники транспортно-технологічної і організаційної ефективності

Марка автомобіля	Для вантажів при $\gamma_{cm}=1$				
	S_{zm} , грн/т	S_{nos} , грн/год	S_{tkm} , грн/ткм	S_{tkme} , грн/ткм	Ks
ГАЗ 2705	3,30	15,59	6,04	9,64	1,6
Renault	2,94	15,59	7,45	7,84	1,05
Citroen	3,19	15,59	8,45	11,17	1,32
Peugeot	3,19	15,59	12,5	21,69	1,73
Fiat	3,07	15,59	8,75	10,27	1,17
M-Benz	3,31	15,59	17,92	26,57	1,48
Hyundai	2,97	15,59	7,1	10,3	1,45
Opel	2,83	15,59	11,44	16,77	1,47

Авторська розробка

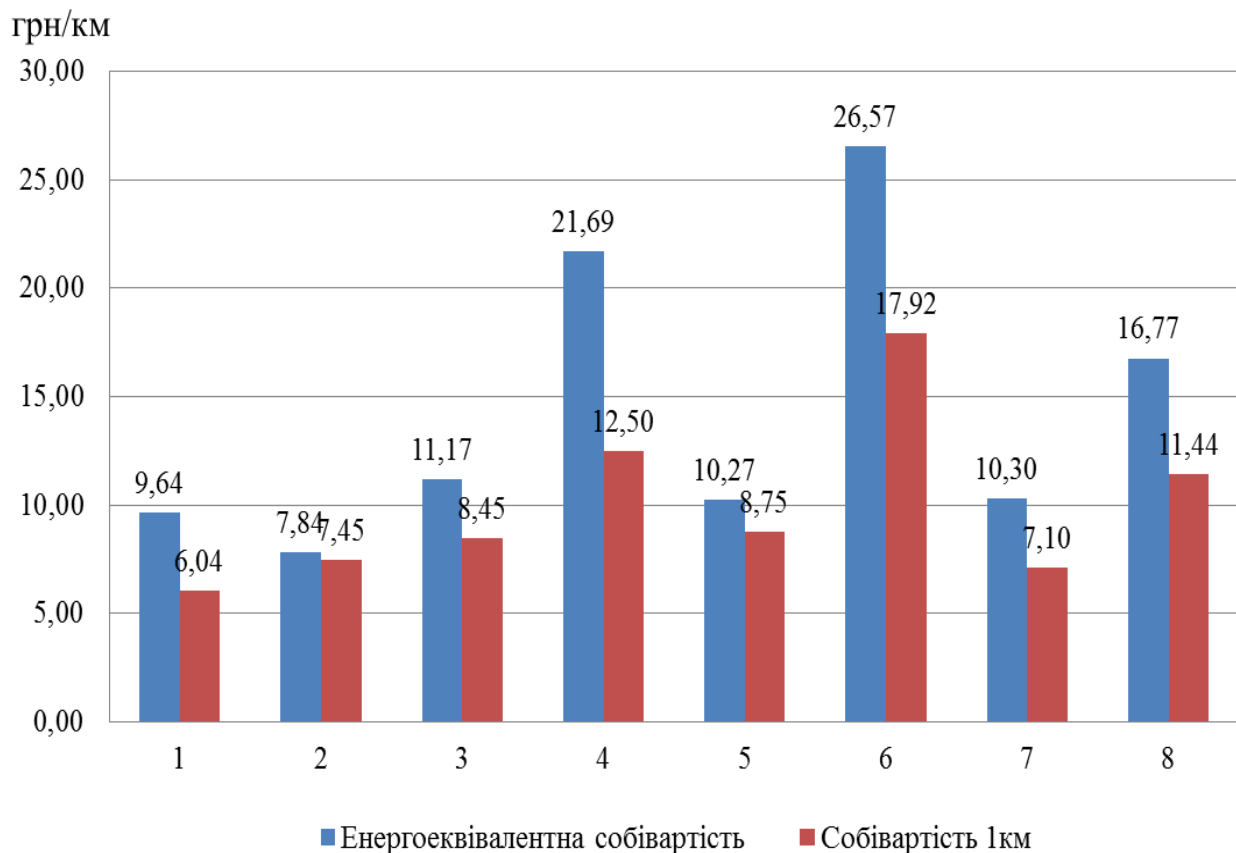


Рисунок 1 – Зміна собівартості з врахуванням значення енергетичного коефіцієнту собівартості

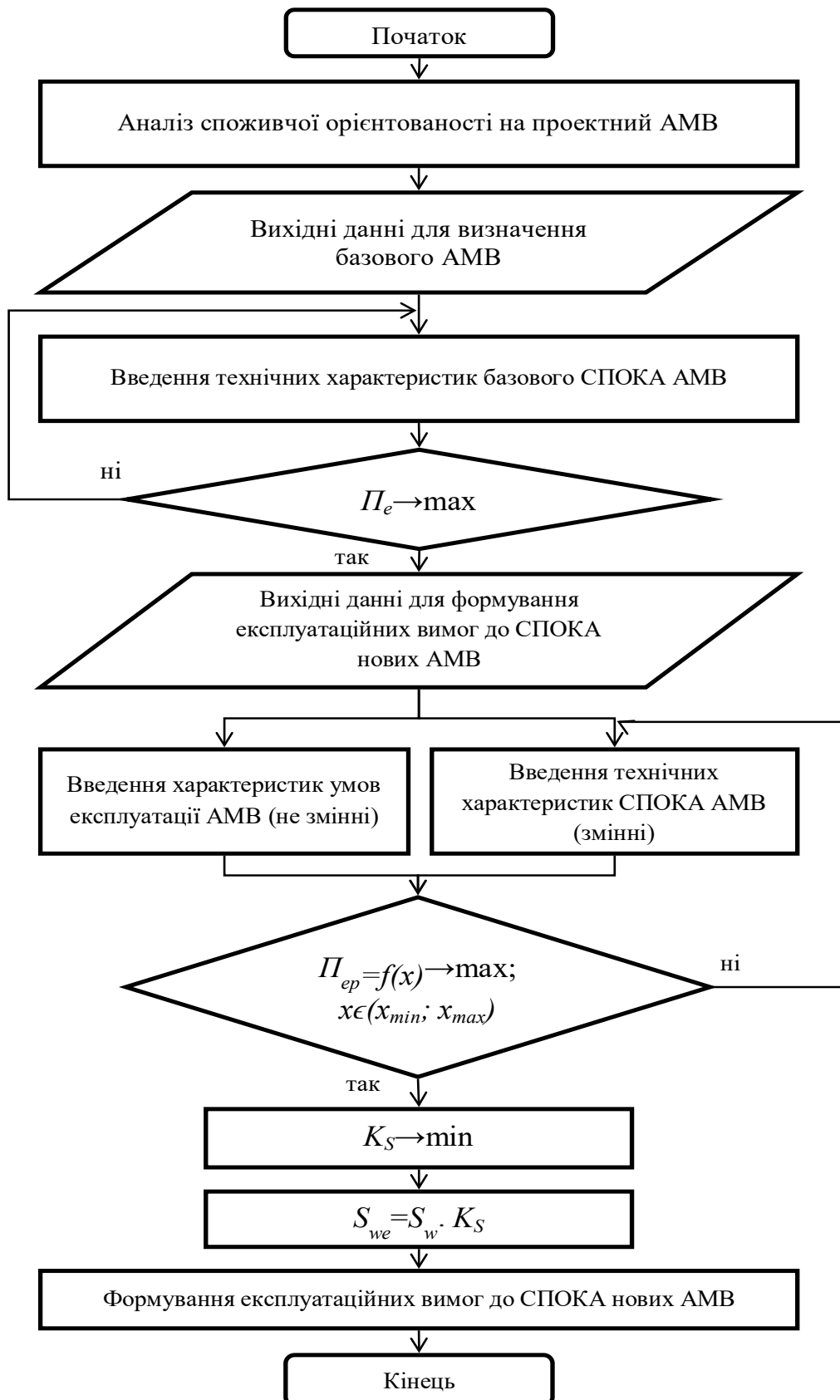


Рисунок 2 – Алгоритм післяексплуатаційного обґрунтування вибору АМВ за їх енергоефективністю

Авторська розробка

Провівши аналіз із ряду АМВ в заданому сегменті ринку за показниками транспортно-технологічної і організаційної ефективності (табл. 1) було



визначено більш експлуатаційно-придатний ТЗ для використання при заданих параметрах, який в подальшому можна запропонувати як базовий АТЗ на основі якого провести параметрично математичне імітаційне моделювання для формування вимог до нового АМВ, що буде експлуатуватися в конкретно визначених умовах.

Алгоритм післяексплуатаційного обґрунтування АМВ представлений на рисунку 2. В ньому представлена логіка і процедури переробки інформації і прийняття рішення.

Таким чином, виконання процедур та методів наведених у блок-схемі алгоритму по формуванню експлуатаційних вимог до нових АМВ дозволить вирішити поставлені задачі та досягти мети.

Висновки. Розроблено методику післяексплуатаційного обґрунтування вибору автомобілів малої вантажопідйомності за їх енергоефективністю, яка дозволяє на основі аналізу експлуатаційних спостережень і споживчих переваг сформулювати бажаний напрям розвитку транспортного фактору, з якого, в свою чергу, формуються вимоги до технічної достатності АМВ.

Література

1. Хабутдинов Р. А. Управление энергоресурсной эффективностью автомобиля в его жизненном цикле. Материалы международной научно-технической конференции «Проблемы транспорта и пути их решения». Киев. 1997. С. 56-57.
2. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. К. : Вища школа, 1986. 447 с. 143
3. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Основы теории транспортных процессов и систем. Волгоград : ВолгПИ, 1992. 192 с.
4. Дмитриченко М. Ф., Яцківський Л. Ю., Ширяева С. В., Докуніхін В. З. Основы теории транспортных процессов и систем: навчальний посібник для ВНЗ. К. : Видавничий Дім «Слово», 2009. 336 с.
5. Хабутдінов Р. А., Гальона І. І. Мотиваційний аналіз концептуальних переваг перевізника-покупця автомобіля малої вантажопідйомності за принципом життєвого циклу // Вісник Національного транспортного університету. – 2015. – №. 31. – С. 525-531.
6. Хабутдінов Р. А. Методологія концептуально-новаційного управління технологічним розвитком автотранспорту // Вісник Національного транспортного університету. 2014. № 29 С 409-414.

Abstract. It is established that the existing calculation schemes of the theory of transport processes cannot be used to solve the problems of substantiation of LDV from the point of view of the long-term goal of the carrier-buyer of new LDV, namely - formation of requirements for future LDV projects. Operational and road factors that affect the efficiency vehicle. This problem can be solved using methods based on the theory of energy efficiency of a generalized type of car.

Key words: light-duty vehicle, structural and parametric organization of the vehicle design, innovative and technological energy saving, transport technologies, energy efficiency indicator.

Стаття відправлена: 08.02.2021 р.

© Гальона І.І., Піцик М.Г.



УДК 656.07: 656.7: 65.013

**RESEARCH OF HUMAN FACTOR IN AVIATION
ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ В АВІАЦІЇ****Vyshnevskya O.P. / Вишнеvsька О.П.**

с.р.с. / к.п.н.

*Velikydymer Lyceum, Veliky Dymer, Zaliska 3 str., 07442**Великодимерський ліцей, Велика Димерка, вул. Заліська 3, 07442***Nosko P.L. / Носко П.Л.**

d.t.s., prof. / д.т.н., проф..

ORCID: 0000-0003-4792-6460

*National Aviation University, Kyiv, 1 Lubomyr Husar Ave., 03058**Національний Авіаційний Університет, Київ, пр. Любомира Гузара 1, 03058***Bashta O.V. / Башта О.В.**

с.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7914-897X

*National Aviation University, Kyiv, 1 Lubomyr Husar Ave., 03058**Національний Авіаційний Університет, Київ, пр. Любомира Гузара 1, 03058***Bashta A.O. / Башта А.О.**

с.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-0310-3788

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska str. 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, вул. Володимирська 68, 01601*

Анотація: розглядаються об'єктивні закономірності розвитку авіаційної техніки та безпеки перельотів з врахуванням людського фактору як найважливішої технічної та соціальної проблеми сучасності. Проведено аналіз якості безпеки польотів із врахуванням психологічних особливостей технічного персоналу та показана важливість ролі інженерно-авіаційної служби в питаннях удосконалення методів технічної експлуатації, забезпеченні надійності систем повітряних суден. Визначено, що в основі нових підходів має бути закладений принцип пріоритету інтересів людини поряд з економічною вигодою авіакомпанії, що є запорукою її стабільного функціонування.

Ключові слова: авіаційна техніка, інженерно-технічна служба, експлуатаційна та ремонтна служба, людський фактор, небезпека, повітряне судно, психологічний фактор, професійний рівень, ризик, технічне обслуговування, технологічний процес.

Вступ.

Дослідженням категорії «людський фактор» займалися такі вітчизняні вчені як Ю. Давідіч, М. Добротворський, В. Зінченко, Є. Куш, В. Муніпов, Д. Понкратовтаінші, які в своїх працях розглядають поняття «людський фактор» виключно як взаємодію людини з технікою та оточуючим середовищем; А. Бочковський, О. Нетребський підходять до визначення цього поняття більш узагальнено, досліджуючи його поза межами системи «людина – техніка – середовище». Варто відзначити зарубіжних вчених, таких як Д. Мак-Грегор, котрий перший звернув увагу на важливість витіснення з управління персоналом деперсоналізованих відносин. Такі вчені як Г. Кунц та С. О'Доннел, Дж. Ризон та Д. Фінчодними з перших звернули увагу на ефективність методів управління персоналом, в основі яких лежать потреби працівників. Чималий доробок в дослідження даного питання вніс Г. Салвенді, який в рамках авіації досліджував психологічний аспект діяльності людини.



Відаючи належне науковим здобуткам вищезазначених науковців та враховуючи важливість людського фактору в системі управління безпекою соціально-економічних систем, ми вважаємо за доцільне продовжити дослідження даного питання в частині його конкретизації з метою уникнення неоднозначності тлумачень, які існують в науковій літературі.

Постановка проблеми.

Дивлячись на міжнародну авіаційну практику можна зробити висновки про те, що багато особливих ситуацій під час перельоту трапляються внаслідок неякісного технічного обслуговування. Врахування людського фактору пов'язане із оптимізацією діяльності людини через використання наукових знань про її практичну діяльність. Дослідження людського фактора досить багатобічні та орієнтовані на розв'язання практичних завдань.

Основним змістом функцій інженерно-технічного складу цивільної авіації є проведення заходів щодо організації та планування робіт з технічного огляду авіаційної техніки. Дуже важливо враховувати, що в обслуговуванні авіаційної техніки зайнята велика кількість людей різних спеціальностей і різних рівнів кваліфікації.

В авіації людина - найважливіший елемент системи, але при цьому найбільш уразливий з точки зору негативного впливу на її діяльність. Розуміння людського фактора дуже важливе, тому що 75% авіаційних подій є наслідком помилок, яких припускаються цілком здорові та кваліфіковані люди. Основою виникнення помилок є людська діяльність та межі людських можливостей.

Мета дослідження: дослідження причин помилок під час технічного обслуговування та конкретизація факторів, що сприяють виникненню трагічних випадків в авіації.

Виклад основного матеріалу.

Людський фактор –це процеси, властивості особистості, її розвиток, зміни психологічного та фізичного стану під час виконання своєї роботи, своїх обов'язків. При дослідженні людського фактору необхідно звернути увагу на психологічні аспекти людської поведінки, а також враховувати професійне вигорання та психічний стан людини[3].

Керівництво авіаційної галузі занепокоєне зростаючою роллю технічного складу в забезпеченні безпеки перельотів, необхідності підтримувати високий психологічний рівень технічних працівників, підвищувати їх майстерність та дисципліну. Повинно враховувати, що вимоги до експлуатаційної якості повинні бути настільки ж пріоритетними, наскільки й вимоги до льотної якості [7].

Технічне обслуговування складається з об'єктів експлуатації, засобів технологічного оснащення та його виконавців. Вся ця система являє собою складну організаційно-технічну процедуру. Коли ми говоримо про запобігання різних подій в авіаційній галузі, ми враховуємо різні обставини та помилки, яких людина припускається при обслуговуванні повітряного судна. Умовно назвемо їх: технічні помилки та психологічні фактори (Рисунок 1)[13].



Як показує дослідження вітчизняної та зарубіжної літератури, донайчастіших недоліків технічного обслуговування відносяться:

- залишення на повітряному судні сторонніх предметів;
- неправильне складання компонентів та їх з'єднання;
- проблеми з доглядом за шасі перед вильотом.

Коли вивчають авіаційні події, причиною яких була помилка людини під час технічного обслуговування повітряного судна, не враховується та обставина, що відповідальність покладається на керівників і організаторів робіт з технічного обслуговування.



Рисунок 1. Основні причини відмов з вини інженерно-авіаційної служби

Необхідно звернути увагу на те, що у діяльності людини, яка обслуговує авіаційну техніку, можливі вкрай складні, екстремальні умови, які можуть бути викликані дефіцитом часу або станом нервової системи [11,12].

Найбільш небезпечними перешкодами є відволікання від своєї безпосередньої роботи, значні нервові навантаження. Це може бути причиною припущення помилки або неправильної дії. Зростаюча складність повітряного



судна та їх автоматизація зменшує навантаження на льотний екіпаж, але значно підвищує вимоги до авіаційних спеціалістів, які обслуговують повітряні судна. Це призводить до перерозподілу помилок від однієї категорії працівників до іншої [4].

Коли вивчають авіаційні події, причиною яких була помилка людини під час технічного обслуговування, найчастіше не враховується та обставина, що помилка припускається в організаційних умовах. Наприклад: не забезпечення виконання затверджених програм технічного обслуговування повітряного судна у повному обсязі; непередбачуване виконання; неефективність реалізації технологічних процесів обслуговування авіаційного транспорту [1].

На сьогоднішній день не визначено реальних труднощів виконання технологічних процесів та особливостей виконання технічного обслуговування конкретних типів повітряного судна. Цей фактор ускладнює проведення розрахунків ризику виконання технічного обслуговування і, відповідно, управління якістю робіт авіаційних спеціалістів.

Однією з причин значної кількості помилок під час технічного обслуговування повітряного судна є те, що рівень підготовки технічного складу відстає від рівня розвитку авіації. Тому кількість неякісно демонтованої авіаційної техніки досягає 42%, при цьому витрачається до 32% робочого часу авіаційних спеціалістів [15].

Дослідження наукових даних свідчать про те, що забезпечення високої якості технічного обслуговування залежить від наступних факторів[2]:

- надійність роботи інженерно-технічної служби;
- організація технічного обслуговування повітряного судна;
- властивості повітряного судна;
- технологічні процеси технічного обслуговування;
- умови праці інженерно-технічної служби.

Технологічні процеси технічного обслуговування і контроль якості робіт мають людино-машинний характер, що забезпечує необхідний рівень надійності систем повітряного судна та є найважливішою цільовою функцією кожної організації технічного обслуговування.

Якість функціонування авіаційної системи залежить від правильності планування технічного обслуговування й забезпеченості процесів необхідними ресурсами, продуктивності та здатності системи зберігати стійкість запланованого процесу функціонування [5].

Комплекс робіт, який виконується на повітряному судні з метою підтримки його в справному стані, складається з чотирьох основних видів робіт[9]: технологічного обслуговування, профілактичних робіт, контролю технічної системи і відновлення (Рисунок 2). Будь-яка організаційна форма системи технічного обслуговування містить у собі чи іншому обсязі кожний із зазначених видів робіт і залежно від форми співвідношення обсягу цих робіт може суттєво змінюватися. При цьому якість системи технічного обслуговування залежить від того, наскільки конструкція об'єкта пристосована до виконання на ній робіт з технічного обслуговування.

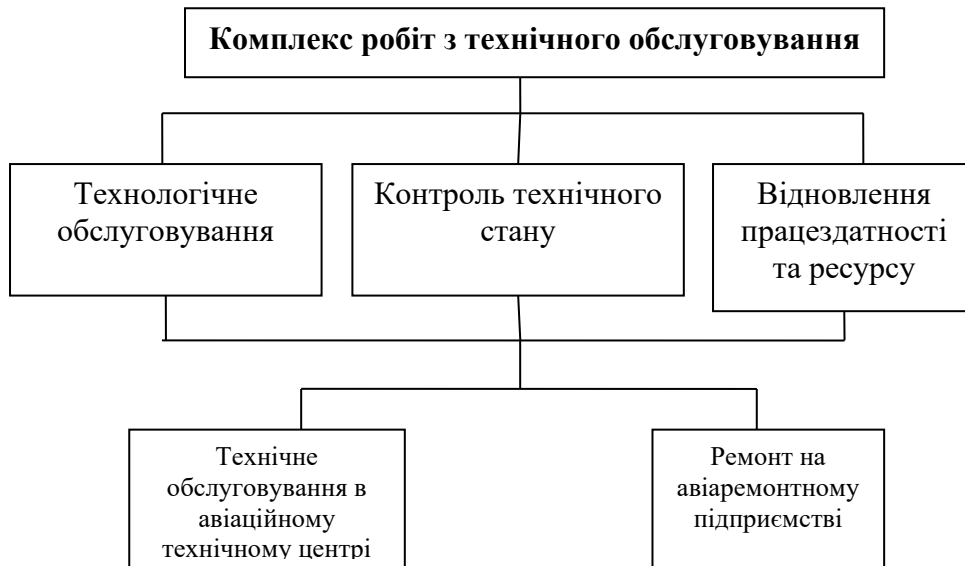


Рисунок 2. Основні види робіт з технічного обслуговування, які визначають рівень експлуатаційної та ремонтної роботи

Забезпечення безпеки перельотів поширюється на велику кількість організацій: державні повноважні органи регулювання цивільної авіації, власників та виробників повітряних суден, постачальників аеронавігаційного обслуговування, авіаційні навчальні заклади й центри професійної підготовки тощо. Ефективність додержання нормативних вимог в управлінні безпекою польоту відіграє ціла низка елементів[6]:

- інформаційне забезпечення безпеки польотів;
- застосування науково обґрунтованих методів управління факторами ризику;
- виявлення та оцінка загрози безпеки, наявності ресурсів, необхідних для здійснення контролю факторів ризику;
- кваліфіковане розслідування авіаційних подій та серйозних інцидентів;
- забезпечення комплексної підготовки експлуатаційного персоналу в області безпеки польотів з урахуванням людського фактору;
- використання технічних досягнень у процесі проектування обладнання і т.д.

Авіаційна галузь щодня стикається з різноманітними видами ризику, багато з яких здатні поставити під загрозу людські життя. Тому так необхідно контролювати фактори ризику: виявляти, аналізувати та усувати ті небезпечні фактори, які загрожують життєздатності. Цей процес допомагає досягнути балансу між оціненими рівнями ризику та практично вжитими заходами щодо його зменшення [10].

Після визначення тієї чи іншої події необхідно оцінити характер несприятливих наслідків у разі їх виникнення. Потенційні наслідки визначають міру терміновості необхідних дій у сфері гарантування безпеки. Якщо існує значний ризик катастрофічних наслідків і є небезпека для людей або навколишнього середовища, то необхідно вжити негайні дії щодо виправлення ситуації [14].



Досліджуючи ефективність керування безпекою в процесі технічного обслуговування було виявлено, що приділяти особливу увагу треба наступним питанням [8]:

- відповідність документації з технічного обслуговування вимогам;
- міра уваги, що приділяється екологічним факторам, які впливають на працездатність людини;
- якість професійної підготовки персоналу;
- інформування про допущені помилки й аналізу тенденцій з метою виявлення системних небезпечних факторів;
- засоби впровадження змін, які націлені на усунення виявлених недоліків у сфері гарантування безпеки.

Аналіз літературних джерел показує що, основними причинами, які спричиняють помилки під час технічного обслуговування, є:

1. Брак часу через інтенсивність роботи, нестача ресурсів для виконання завдання.
2. Необхідність додержання встановлених строків обслуговування повітряного судна.
3. Тиск з боку колег, який спрямований на використання заведених у колективі небезпечних способів, ігнорування інформації.
4. Фізичний стан, хвороби або травми, ліки, які вживаються, зловживання наркотиками або алкоголем.
5. Утома внаслідок насиченості завдання, робоче навантаження, брак часу на сон і фактори особистого характеру.
6. Розміри тіла або фізична сила, які не підходять для робіт, що виконуються в обмеженому просторі.
7. Негативні події особистого характеру (сімейні негаразди, нестабільний фінансовий стан).
8. Фактори, що відривають від роботи (перешкоди в умовах роботи, які постійно змінюються).
9. Навколишнє середовище (умови роботи): фактори, які можуть стосуватися комфортного стану спеціаліста з технічного обслуговування, викликати проблеми з боку здоров'я та безпеки.

Саме дотримання ефективних умов безпеки та уникнення помилок під час технічного обслуговування дозволить суттєво підвищити безпеку польотів з врахуванням людського фактору.

Висновки.

Враховуючи стрімкі зміни в соціально-економічному середовищі, спричинені науково-технічним прогресом, які змінили рівень розвитку людини і її ставлення до себе та оточуючого світу, необхідно постійно змінювати підходи до формування системи управління авіа-технічним персоналом. В основі нових підходів має бути закладений принцип пріоритету інтересів людини поряд з економічною вигодою авіакомпанії, що є запорукою її стабільного функціонування. Проведене дослідження поняття «людський фактор», в свою чергу також створює передумови для перегляду парадигми управління персоналом в системі авіації. Нові підходи до управління кадрами



повинні враховувати важливість людської природи в системі формування протидії загрозам безпеці льотного транспорту та передбачати методи управління людським фактором, який трактується не лише як деструктивний вплив, а і як конструктивний. Оскільки в процесі реалізації людського фактору, відмічається домінування людської природи над чинниками середовища, природних умов та психологічними факторами.

Література.

1. Владимиров Н.Н. Анализ инцидентов воздушных судов по вине инженерно-авиационной службы / Н.Н. Владимиров // Научный вестник МГТУ ГА: сб. науч. трудов. – М., 1999. - № 20. – С. 87-91.
2. Губинский А.И. Информационно-управляющие человеко-машинные системы. Исследование, проектирование, испытание: справочник / А.И. Губинский. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
3. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем / А. И. Губинский. – Л. : Наука, 1982. – 269 с.
4. Давідіч Ю.О., Куш Є.І., Понкратов Д.П. Ергономічне забезпечення транспортних процесів / Ю.О. Давідіч, Є.І Куш, Д.П. Панкратов : навч. посіб. Харків, 2011. 392 с.
5. Дмитрієв С.О., Бурлаков В.І., Салімов Р.М. та ін. Людський фактор при технічному обслуговуванні авіаційної техніки. Навчальний посібник.- К.: НАУ, 2011.- 184с. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов - Москва, 1979. – 344 с.
6. Назаренко П.В. Проблемы надежности авиационной техники / Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. Воздушный транспорт / П.В. Назаренко, А.А. Комаров, В.И. Бурлаков и др. – Т. 20 – 1990. – С. 204.
7. Савенков М.В. Инженерно-техническое обеспечение автоматизированных систем управления в авиации / М.В. Савенков, Р.А. Закиров. – М. : Машиностроение, 1989. – 272 с.
8. Смирнов Н.Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкович. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
9. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах «человек-техника» / Г.П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.
10. Goldsby, R.P. "Effects of Automation in Maintenance". Proceedings of the Fifth Federal
11. Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection — The Work Environment in Aviation Maintenance. January 1992. Washington, D. C.
12. Taylor, J.C. "Organizational Contact in Aviation Maintenance — Some Preliminary Findings". Proceedings of the Third Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection — Training Issues. November 1990. Washington, D.C.
13. Marx, D.A. and R.C. Graeber. Human Error in Aircraft Maintenance. Boeing Commercial Airplane Group. Seattle, Washington. – 1993.
14. Peters, R. "State and Aviation Industry Training Cooperation". Proceedings



of the Fourth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection — The Aviation Maintenance Technician. June 1991. Washington, D.C.

Abstract. *The objective laws of the development of aviation technology and flight safety are considered, taking into account the human factor as the most important technical and social problem of our time. In consideration of the psychological characteristics of technical personnel the analysis of the quality of flight safety is carried out, the importance of the aviation engineering service role in improving the methods of technical operation, ensuring the reliability of aircraft systems is shown. It is agreed that the new approaches should be based on the principle of priority of human interests along with the economic benefits of the airline, which is the key to its stable operation.*

Key words: *aviation technology, engineering and technical service, operational and repair service, human factor, danger, aircraft, psychological factor, professional level, risk management, maintenance process, technological process.*

Стаття відправлена: 09.02.2021 р.

© Вишнеvsька О.П., Носко П.Л., Башта О.В., Башта А.О.



УДК 330.341:004.78:656.072

**FUTURE TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT
ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ****Semyrozum Y.S. / Семирозум Ю.С.***Student / студент*

ORCID: 0000-0002-1538-4698

Orel O.V. / Орел О.В.*c.p.s., teacher / к.п.н., викладач*

ORCID: 0000-0001-5187-7580

*Separated Subdivision "Nizhyn Applied College of National University
of Life and Environmental Sciences of Ukraine" Nizhyn, Ukraine, 16600**Відокремлений структурний підрозділ "Ніжинський фаховий коледж Національного
університету біоресурсів і природокористування України" м. Ніжин, Україна 16600*

Анотація. В статті розглянуто основні інтерактивні технології на залізничному транспорті, які пов'язані з супершвидкістю. Зазначено, що країнами-лідерами, де введені новітні способи переміщення є Китай та Японія, Південна Корея. Перераховано новітні технології переміщення які вже використовуються (технологія магнітної левітації) та технології майбутнього (технологію високотемпературних надпровідників; технологію транспортування по вакуумній трубі). Зазначено, що Китай побудував у себе найбільш розвинену у світі мережу швидкісних залізниць. Виділено ряд недоліків, які постають на шляху розвитку супершвидкісних полягів: висока собівартість будівництва, висока ціна проїзду та вплив на здоров'я людей супершвидкого транспорту. Авторами виділено ряд недоліків, які не дозволяють ввести супершвидкі потяги в нашої країні: зношений стан колії та тим, що більшість автомобільних переїздів не обладнані шлагбаумами та мостами для належної безпеки руху.

Ключові слова: інтерактивні технології в залізничному транспорті; технологія високотемпературних надпровідників; вакуумний транспорт; Hyperloop; магнітна левітація (маглев); Hyundai.

Вступ.

У наш час популярність потягів швидко зменшується, адже люди бажають подорожувати на довші відстані та досягати пункту призначення все швидше, тому надають перевагу авіаційному транспорту. Проте, технологія магнітної левітації дає шанс залізниці на повернення собі колишньої популярності.

Інтерактивні технології в залізничному транспорті в основному пов'язані з розвитком високошвидкісного транспорту. В основному це пов'язано з використанням новітніх технологій та країн, де ці технології використовуються для перевезення пасажирів та вантажів на велику відстань. Серед країн, де введені новітні способи переміщення є Китай та Японія, Південна Корея.

Виклад основного матеріалу.

Наше майбутнє – це супершвидкісні перевезення. У китайському місті Ченду презентували прототип швидкісного поїзда на магнітній подушці. Для його створення інженери використали технологію високотемпературних надпровідників (ВТНП). Проектна швидкість потяга становить 620 км/год.

Такий поїзд в процесі руху не торкається поверхні рейки. Наразі відповідні потяги досягали швидкості тільки 603 км/год на випробуваннях. У Ченду також запустили 165-метрову лінію для тестування нової технології. На церемонії



представили й 21-метровий локомотив. Він повільно ковзав по рейках [2].

«У теорії все це виглядає чудово, але раніше люди ставилися до технології ВТНП на магнітній подушці як до лабораторної іграшки, яку не можна випробувати в реальних умовах», — зазначив заступник очільника дослідницького центру при «Цзяотун» Ден Цзиган. Обсяг інвестицій в цей проект становить 9,3 млн доларів. Його розробили Південно-Західний університет «Цзяотун» разом з корпораціями «Китайські залізні дороги» і CRRC Corporation Limited [2].

Китай побудував у себе найбільш розвинену у світі мережу швидкісних залізниць. Їхня загальна протяжність у Піднебесній становить 12 тисяч кілометрів, що вдвічі більше, ніж у Європі та Японії разом узятих [3].

В нашій країні залізничні технології за останні десятиліття змінилися мало. Закуплені Укрзалізницею швидкісні експresi HRCS2 виробництва Hyundai здатні розганятися до 176 км/год. Це ненабагато менше, ніж придбаний нещодавно Британією в Японії новітній суперекспрес виробництва Hitachi, який розвиває швидкість до 225 км/год. Це зумовлено зношеним станом колії та тим, що більшість автомобільних переїздів не обладнані шлагбаумами та мостами для належної безпеки руху.

При цьому подібні швидкості були звичним явищем ще 30-40 років тому. Популярний в Англії експрес InterCity 125 ще в 70-х перевозив пасажирів зі швидкістю 125 км/год. А французький TGV та іспанська AVE, які існують декілька десятиліть, розвивають швидкість понад 190 км/год [2].

Вакуумний транспорт. Очікувати, що колись по звичайному залізничному полотну будуть буквально літати потяги зі швидкістю близько тисячі кілометрів на годину, не варто. Цьому заважають фізичні закони нашого світу, і тому для супершвидкісних потягів потрібні принципово нові рішення. У Китаї та інших країнах великі надії покладаються на ЕТТ, так звану «технологію транспортування по вакуумній трубі» [2].

Тертя – головний ворог швидкості, і воно зростає по експоненті. Це означає, що межа швидкості звичайного залізничного потягу становить приблизно 400 км/год. Якщо ж помістити поїзд у трубу та відкачати з неї повітря, а також прибрати колеса, тоді такі поїзди зможуть розвивати швидкість вище 1000 км/год.

Одним з проектів, які опираються на подібну технологію, є розробка Hyperloop компаній Tesla Motors і SpaceX. Ідею такого надшвидкого транспорту придумав Ілон Маск. Технологія гіперпетлі полягає в тому, що капсула на магнітній подушці рухається по порожнистій трубі, де штучно створюється вакуум, який дозволяє вагону для пасажирів летіти без тертя, немов куля у повітрі. Такий транспорт майбутнього за декілька років може стати реальністю [4]. Випробування прототипів призначені на наступний рік, але Китай уже випереджає ці розробки.

Доктор Ден Цзиган із Лабораторії надпровідності китайського університету транспорту Цзяотун уже побудував таку систему. Він створив вакуумний тунель діаметром 6 метрів і почав його випробування. Реалізація цього китайського проекту ще тільки починається. У трубі випробовують



невеликі поїзди, які поки що досягли швидкості лише в 25 км/год, і багато скептиків висловлюють серйозні сумніви в тому, що ця ідея коли-небудь втілиться в життя [3]. На нашу думку, одне з важливих питань - як люди будуть витримувати супершвидкості, адже громадяни різного віку будуть користуватись цим транспортом у майбутньому.

Експерт британського Інституту інженерних технологій Джереми Еклем згоден з тим, що поєднання вакуумних технологій і магнітної подушки зробить перевезення надзвичайно дорогими. «Ми повинні запитати себе, скільки ми готові платити за високу швидкість, – каже він. – Домогтися вакууму на великій дистанції – це складне інженерне завдання» [3].

Сьогодні потяги на магнітній подушці існують, і білети на такий залізничний транспорт коштують дорожче, ніж на колісний. Технологія «Маглев» дорога через те, що система рушійних електромагнітів витрачає дуже багато енергії, а залізничне полотно для поїздів «Маглев» набагато складніше, ніж звичайні рейки і шпали.

Крім того, виникає безліч експлуатаційних питань, пов'язаних із безпекою. Наприклад, як будуть евакуювати пасажирів, якщо вакуумний потяг зупиниться в трубі? Як до нього доберуться ремонтні бригади і рятувальники? До того ж багатьом пасажиром може не сподобатися подорожувати в поїзді без вікон, що рухається по трубі [3].

Магнітна левітація (маглев) – прогресивна технологія пересування, яка, звісно ж, була винайдена та реалізована потужними STEMівцями. Об'єкт пересувається в повітрі за допомогою магнітної левітації, не торкаючись поверхні. На перший погляд, таке дійство трохи схоже на магію чи на щось нереальне. Насправді, все відбувається завдяки відштовхуванню однакових полюсів магнітів [4].

Потяг на магнітній подушці може розвинути швидкість понад 500 км/год та вважається найшвидшим наземним транспортом у світі. Свого часу потяг на магнітній подушці функціонував в Німеччині та Великій Британії, але проекти закрили через надто великі витрати на обслуговування колії [4].

Японія стала однією з перших держав, які почали масово освоювати поїзди без коліс на магнітній подушці. У жовтні її чиновники схвалили проект створення найбільш швидкісної залізничної лінії у світі. Згідно з планами, супершвидкісний поїзд з Токіо в Нагою понесеться зі швидкістю 500 км/год.

Будівництво першої у світі магістралі на магнітній подушці обійдеться більш ніж у 50 млрд доларів, але, якщо цей проект буде успішним, подорож між цими двома містами буде займати не 1 годину 40 хвилин, як зараз, а всього лише 40 хвилин.

У Китаї також уже є своя залізнична лінія на магнітній подушці, що з'єднає Шанхай з аеропортом Пудонг. Але цей проект часто наводять не як яскраву інновацію, а як втілення ідеї без урахування реальної ситуації.

Надшвидкісний поїзд насправді довозить пасажирів з аеропорту в місто надзвичайно швидко. Але проблема в тому, що вокзал для нього побудували в найбільш невідповідному місці, звідки пасажиром доводиться ще довго добиратися магістраллю до центру міста [3]. Тепер, коли в аеропорт йде поїзд



метро, багато хто віддає перевагу цьому нехай і не надшвидкісному, але надійному, дешевому і зручному транспорту [3].

Висновки.

Поки ми чекаємо на нові дивовижні поїзди на магнітній подушці, нам доводиться задовольнятися звичайними поїздами, які хоч і не летять кулею, але розвивають пристойну швидкість. Китай, як лідер у цій технології, стає бажаним партнером для багатьох країн. У жодній іншій країні світу громадський транспорт не розвивається так стрімко, як у Піднебесній. У наступні п'ять років Китай планує подвоїти протяжність своїх залізниць. Нещодавно китайська влада підтвердила свої плани побудувати швидкісну магістраль до Москви вартістю 242 мільярди доларів [3].

Про застосування новітніх технологій у залізничному транспорті яскраво показують нам країни Східного Світу. Зараз у світі працюють три активних маршрути маглеву – в Китаї, Японії та Південній Кореї. До речі, шанхайський маглев вважається єдиним у світі комерційним потягом на магнітній подушці, який щоденно перевозить пасажирів [4].

STEMівські голови постійно генерують все нові та ще більш фантастичні технології, які дозволяють пересуватись ще швидше та безпечніше. До прикладу, Hyperloop (гіперпетля) – це різновид вакуумного транспорту, який може рухатись зі швидкістю понад 1000 км/год, тобто вдвічі швидше, ніж потяг на магнітній подушці [4]. Звичайно, інвестиції бізнесу та зацікавленість заможних людей сприяють нововведенням у залізничний транспорт. Наша країна в цьому сенсі, поки що, пасе задніх, але ми маємо надію на краще і сподіваємось на покращення наших перевезень в майбутньому.

Використана література

1. Чому в пунктуальній Німеччині запізнюються потяги [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.dw.com/uk/чому-в-пунктуальній-німеччині-запізнюються-потяги/a-48012085> Дата звернення: Лютий 12, 2021.

2. Аналог Hyperloop. У Китаї презентували прототип швидкісного поїзда на магнітній подушці [Електронний ресурс]. Доступно: <https://chas.news/news/analog-hyperloop-u-kitai-prezentovali-prototip-shvidkisnogo-poizda-na-magnitnii-podushti> Дата звернення: Лютий 12, 2021.

3. Скільки чекати на супершвидкі потяги <https://techtoday.in.ua/news/skilki-chekati-na-supershvidki-potyagi-45055.html> Дата звернення: Лютий 12, 2021.

4. Потяг: від парового двигуна до магнітної левітації [Електронний ресурс]. Доступно: <https://toys4brain.com.ua/uk/articles-and-video/train-history-from-steam-engine-to-magnetic-levitation/> Дата звернення: Лютий 12, 2021.

5. Цікаві факти про залізничний транспорт [Електронний ресурс]. Доступно: <http://law.nau.edu.ua/uk/molod-i-zakon/1961-161216mz2> Дата звернення: Лютий 12, 2021.

References.

[1]. (February 12, 2021) Chomu v punktualnii Nimechchyni zapizniuiutsia potiahy [Online]. Available: <https://www.dw.com/uk/чому-в-пунктуальній-німеччині-запізнюються-потяги/a-48012085> (visited on 02/12/2021).



[2]. (February 12, 2021) Analoh Hyperloop. U Kytai prezentuvaly prototyp shvydkisnoho poizda na mahnitnii podushti [Online]. Available: <https://chas.news/news/analog-hyperloop-u-kitai-prezentuvali-prototip-shvydkisnogo-poizda-na-magnitnii-podushti> (visited on 02/12/2021).

[3]. (February 12, 2021) Skilky chekaty na supershvydki potiahy [Online]. Available: <https://techtoday.in.ua/news/skilki-chekati-na-supershvydki-potyagi-45055.html> (visited on 02/12/2021).

[4]. (February 12, 2021) Potiah: vid parovoho dvyhuna do mahnitnoi levitatsii [Online]. Available: <https://toys4brain.com.ua/uk/articles-and-video/train-history-from-steam-engine-to-magnetic-levitation/> (visited on 02/12/2021).

[5]. (February 12, 2021) Tsikavi fakty pro zaliznychnyi transport [Online]. Available: <http://law.nau.edu.ua/uk/molod-i-zakon/1961-161216mz2> (visited on 02/12/2021).

Abstract. *The article discusses the main interactive technologies in railway transport, which are associated with superspeed. It is noted that the leading countries where the latest ways of moving are introduced are China and Japan, South Korea. The newest technologies of movement which are already used (technology of magnetic levitation) and technologies of the future (technology of high-temperature superconductors; technology of transportation on a vacuum pipe) are listed. It is noted that China has built the world's most developed network of high-speed railways. There are a number of shortcomings that arise in the development of super-high-speed facilities: high construction costs, high fares and the impact on human health of super-high-speed transport. The authors point out a number of shortcomings that do not allow the introduction of super-fast trains in our country: the worn condition of the track and the fact that most road crossings are not equipped with barriers and bridges for proper traffic safety.*

Keywords: *interactive technologies in railway transport; high-temperature superconductor technology; vacuum transport; Hyperloop; magnetic levitation (maglev); Hyundai.*

Науковий керівник: к.п.н. Орел О.В.

Стаття відправлена: 15.02.2021 р.

©Семирозум Ю.С.



УДК 656.25

METHOD AND MODELS FOR GENERATING FUNCTIONAL SAFETY ASSESSMENTS IN REAL TIME**МЕТОД ТА МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ОЦІНОК ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ****Moiseienko V.I. / Мойсєєнко В.І.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0003-1377-8703

Kameniev O.Y. / Каменєв О.Ю.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-5372-5628

Duchenko P.Y. / Дученко П.Ю.*postgraduate student / аспірант***Safin V.T. / Сафін В.Т.***postgraduate student / аспірант**Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feuerbach square 7, 61050**Український державний університет залізничного транспорту,**м. Харків, майдан Фейєрбаха 7, 61050*

Анотація. В статті наведені результати аналізу та теоретичного узагальнення наукових праць, в яких розглядаються проблеми формування оцінок показників функціональної безпеки інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті в режимі реального часу. Для проведення дослідження була розроблена модель команд оцінювання показників надійності та функціональної безпеки, розрахунок яких здійснений за допомогою комп'ютерної програми TopEvent FTA.

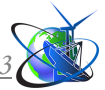
Ключові слова: аналіз надійності, функції безпеки, технічний стан, інформаційно-керуючі системи, залізнична автоматика.

Вступ.

Всі системи керування об'єктами критичної інфраструктури потребують процедур оцінювання показників функціонального призначення. У переважній більшості система оцінок формується на стадії розроблення та процедур сертифікації. На залізничному транспорті регулюючими документами [ДСТУ] визначений порядок та показники оцінювання. Зокрема це показники функціональної безпечності, які є найбільш важливими для систем керування рухом поїздів.

У подальшому на етапі технічного використання такі розрахунки можуть проводитися як правило, при розгляді питань подовження терміну експлуатації. Подібні дослідження більш характерні для системи керування ядерним устаткуванням. На залізничному транспорті процедури формування on-line оцінок показників функціональної безпеки обмежуються поки-що періодичними оглядами з визначенням технічного стану шляхом експертного оцінювання. Такий стан питання обумовлений електромеханічною елементною базою систем керування, яка унеможливорює застосування моніторингу та оперативного діагностування стану технічних засобів.

Впровадження мікропроцесорних систем знімає існуючі раніше обмеження, але недостатня наукова підтримка проблем оперативного оцінювання показників функціонування технічних засобів залізничної



автоматики дещо гальмує цей процес. Тому проблема формування методів та моделей оперативного оцінювання показників функціонування залізничних систем керування критичного призначення є актуальною та практично необхідною.

Розглянемо методи та моделі оцінювання показників надійності та функціональної безпеки. Одним з перших і найбільш поширеним є графоаналітичний метод, який використовує математичний апарат теорії графів станів та переходів [1]. За моделлю графів станів формується система рівнянь Космогорова і за її допомогою визначаються імовірності і знаходження системи керування у тому, або іншому станах. Математичний апарат цього методу є досить складним і громіздким, потребує специфічних похідних даних для розрахунку у вигляді інтенсивностей переходів. Але головним недоліком цього методу є його непристосованість для аналізу причин та наслідків пошкоджень.

Більш привабливим є апарат логіко-імовірносних методів та моделей, який з'явився у 60-х роках 20 сторіччя [4]. Методи та моделі структурно-логічних схем та дерев рішень і пошкоджень, які достатньо повно описані у наукових працях [13, 14].

В них подана технологія надійнісного моделювання складних систем на основі загального логіко-ймовірнісного методу та розглянуто задачі аналізу їх надійності, безпеки і ризику, яка є дуже перспективною на теперішній час. Вона забезпечує можливість аналізу причин та наслідків пошкоджень і кількісного оцінювання показників функціонування. Широкому загалу науковців доступна комп'ютерна програма для автоматичного розрахунку дерев пошкоджень [15]. Слід зазначити, що структурно-логічні моделі і моделі дерев пошкоджень дають коректні результати при стаціонарному характері інтенсивності первинних подій, крім того вони у сукупності повинні бути незалежними.

Більш адаптованим під механізми оперативного оцінювання показників функціонування людино-машинних систем є математичний апарат теорії катастроф [12]. Він дозволяє відслідковувати поведінку системи й заздалегідь визначати критичні моменти у функціонуванні системи. Головним недоліком цього методу моделювання небезпек є прив'язка до обраного виду поверхні катастрофи. Дослідження авторів показали складність вибору поверхні, яка достатньо адекватно описує поведінку залізничних систем керування, які мають широкий спектр дестабілізуючих факторів, природа яких не завжди добре досліджена [16].

Основний текст

Метою статті є розроблення методу та моделей оперативного оцінювання функціональної безпеки мікропроцесорних систем критичного призначення для потреб залізничного транспорту в режимі реального часу.

Як було показано раніше, всі існуючі методи і моделі формування системи оцінювання функціональної безпеки систем залізничної автоматики базуються на концепції одного виміру. Як правило це здійснюється на етапі розроблення та впровадження системи. Крім того оцінюється робота всієї системи в комплексі. На практиці користувачам доцільно мати інформацію про безпечність конкретного маршруту і конкретної дії, і бажано в режимі



реального часу. Це дозволить обрати більш безпечний маршрут, або завчасно запобігти розвитку небезпечної ситуації. Для об'єкту дослідження обираємо станційні системи керування рухом поїздів, алгоритми функціонування яких є найбільш складними. Значною мірою це пояснюється наявністю у колі керування людини-оператора.

На думку авторів для подальших досліджень доцільно обрати метод, який орієнтований на технологію функціонування об'єкта дослідження, а саме станції. Для цього обираємо основну функцію станційних систем – завдання маршрутів для руху поїзда.

Будемо вважати, що на станції може існувати m маршрутів (поїзних і маневрових). До кожного маршруту може входити деяка кінцева кількість об'єктів керування та контролю. Причому у різних маршрутах можуть бути включені одні і ті ж об'єкти.

Кожна мікропроцесорна система веде автоконтроль станів об'єктів керування та контролю з фіксацією пошкоджень. Крім того у переважній більшості систем мікропроцесорної централізації контролюється робота людини-оператора.

Накопичуючи пошкодження технічних засобів, збоїв програмного забезпечення та помилок персоналу можливо підрахувати їх інтенсивності і відповідно імовірність відмови, порушення або безвідмовної (успішної) роботи.

Моделі дерев успішного функціонування та відмови наведені на рисунку 1 та 2. Вони побудовані за маршрутною ознакою. Імовірність успішного (безпечного) функціонування станційної системи визначається змінною X_{ij} . Вона характеризує стан i -того об'єкта у j -тому маршруті. Таким чином для m маршрутів матимемо відповідну кількість прохідних співпадінь.

Для дерева успішного функціонування отримаємо m -наборів

$$\begin{aligned} &(X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}) - 1\text{-й набір;} \\ &(X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2c}) - 2\text{-й набір;} \\ &\dots\dots\dots \\ &(X_{m1}, X_{m2}, \dots, X_{mk}) - m\text{-й набір.} \end{aligned}$$

Відповідно до [11] вірогідність безпечної роботи матиме вигляд:

$$P_6(t) = 1 - \prod_{j=1}^m \left[1 - \prod_{i=1}^m X_{ij} \right] \tag{1}$$

Далі аналогічно імовірність збою функціонування може бути представлена як \bar{X}_{ij} з такою ж кількістю мінімальних співпадінь

$$\begin{aligned} &(\bar{X}_{11}, \bar{X}_{12}, \dots, \bar{X}_{1n}) - 1\text{-й набір;} \\ &(\bar{X}_{21}, \bar{X}_{22}, \dots, \bar{X}_{2c}) - 2\text{-й набір;} \\ &\dots\dots\dots \\ &(\bar{X}_{m1}, \bar{X}_{m2}, \dots, \bar{X}_{mk}) - m\text{-й набір.} \end{aligned}$$

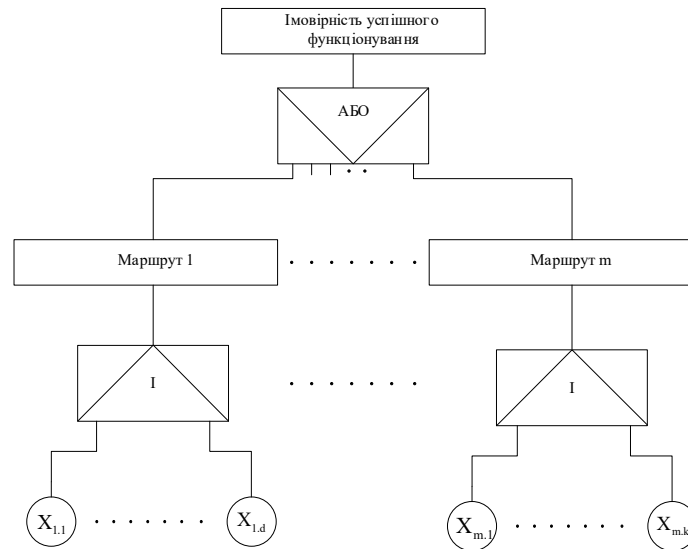


Рисунок 1 – Дерево успішного функціонування станції

де X_{ij} – імовірність успішного функціонування об’єктів керування.

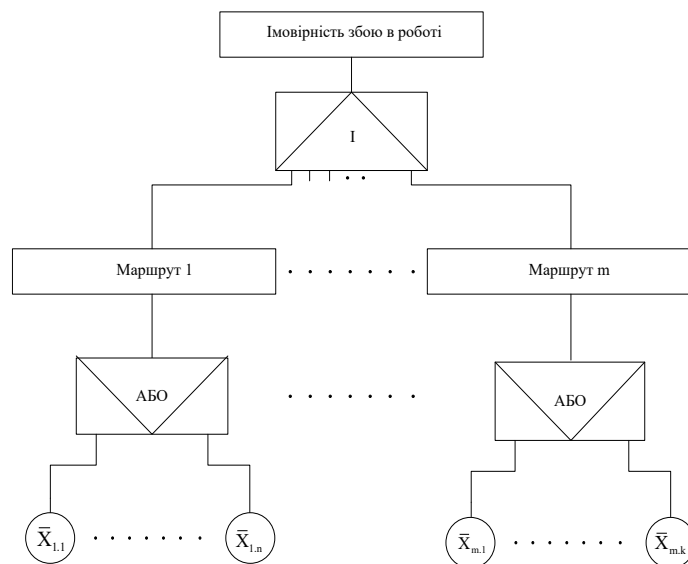


Рисунок 2 – Дерево відмови системи керування рухом на станції

де \bar{X}_{ij} – імовірність збою функціонування об’єктів керування.

З імовірністю небезпечного функціонування $P_n(\bar{x})$

$$P(\bar{x}) = \prod_{j=1}^m \left[1 - \prod_{j=1}^{n_j} (1 - \bar{X}_{ij}) \right] \tag{2}$$

Моделі дерев на рис. 1 та 2 є дещо "вузькими" за призначенням, крім того існує ще досить багато команд безпосередньо не пов’язаних з встановленням маршруту. Крім того модель на основі дерев маршрутів, навіть для невеликої станції з кількістю колій до 7, матиме дуже велику розмірність.



У цьому сенсі принцип моделювання за ознакою "команда" на думку авторів є більш універсальним та значно простішим у реалізації. Крім того цей підхід дозволяє врахувати помилки людини-оператора, рисунку 3.

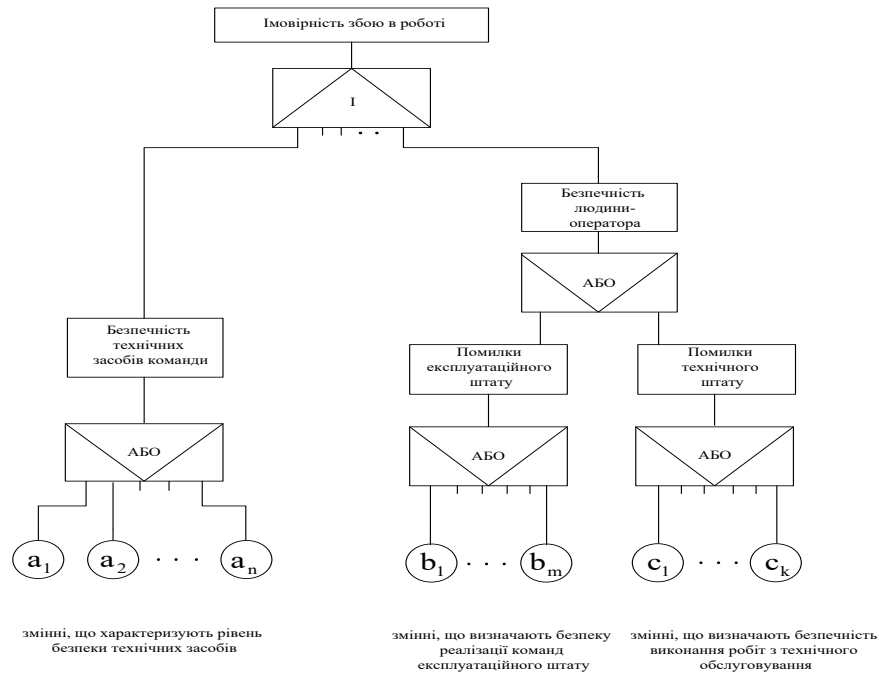


Рисунок 3 – Дерево безпеки команд керування

Будемо вважати за первинні події характеристики змінних, що визначають безпеку технічних засобів системи: a_1, a_2, \dots, a_n ; безпеку реалізації команд керування експлуатаційним штатом b_1, b_2, \dots, b_m ; та безпечну поведінку технічного штату при виконанні робіт з технічного обслуговування c_1, c_2, \dots, c_k . Це помилки при виконанні регламентних робіт, порушення термінів виконання, тощо. Також у показниках b_i та c_i слід враховувати результати оглядів та ревізорських перевірок. Це тема окремого дослідження і в даній роботі механізм формування таких оцінок не розглядається.

Структурна функція безпеки моделі на рисунку 3 матиме вигляд:

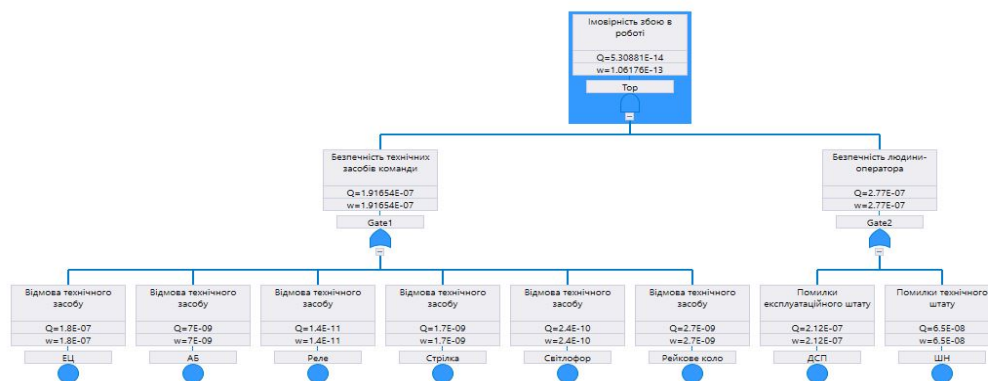


Рисунок 4 – Структурна функція безпеки моделі, що досліджується

На рисунку 5 представлений графік залежності імовірності безпечної роботи технічних засобів керування рухом поїздів, експлуатаційного та технічного штату.

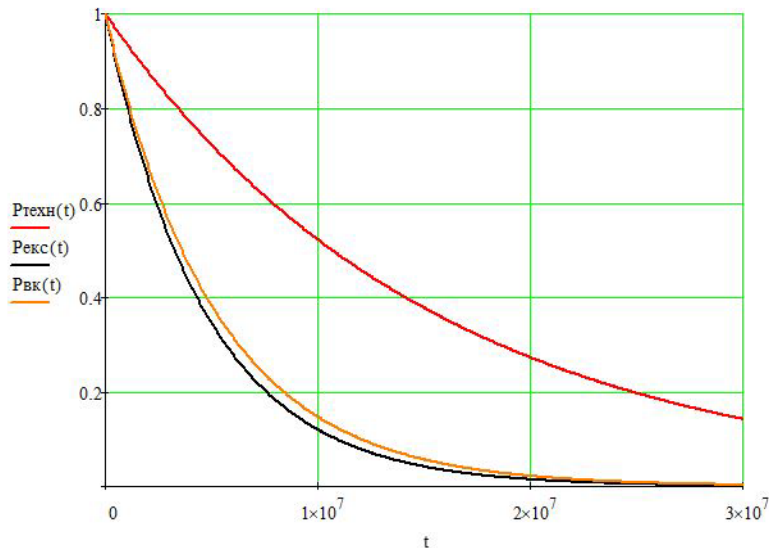


Рисунок 5 – Графік залежності $P_{вк}(t)$, $P_{техн}(t)$, $P_{екс}(t)$

Для проведення дослідження моделі команд використовувалась комп'ютерна програма TopEvent FTA.

При цьому введені такі припущення та обмеження:

- вважається, що потік події є незалежними у сукупності;
- будемо вважати, що поведінка первинних подій дерева описується бінарною логікою за схемою ($x_i=1$ – подія відбувається; $x_i=0$ – подія не відбувається).

Визначимо подію A_i , як таку, що характеризує одночасну появу всіх складових у i -тому аварійному наборі, тоді кінцева подія S , буде існувати за умови:

$$S = \bigcup_{i=1}^{N_a} A_i, \tag{3}$$

де N_a – загальна кількість мінімальних аварійних наборів подій, тоді значення коефіцієнту простою системи:

$$K_p(t) = P\left(\bigcup_{i=1}^{N_a} A_i\right) = \left[\sum_{i=1}^6 P(A_i) - \sum_{i=1}^5 \sum_{j=2}^6 P(A_i \cap A_j) \right] \cdot \left[\sum_{i=7}^8 P(A_i) - \sum_{i=7}^7 \sum_{j=8}^8 P(A_i \cap A_j) \right]$$

Результати розрахунків показників надійності та функціональної безпеки, при появі відмови технічного засобу та/або помилки експлуатаційного, технічного штату наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Імовірність настання кінцевої події при відмовах

Характер пошкодження	Імовірність настання кінцевої події
Відмова засобів електричної централізації	$2.77 \cdot 10^{-7}$
Відмова засобів автоблокування	$2.77 \cdot 10^{-7}$
Відмова реле	$2.77 \cdot 10^{-7}$
Пошкодження стрілки	$2.77 \cdot 10^{-7}$



Відмова світлофора	$2.77 \cdot 10^{-7}$
Відмова рейкового кола	$2.77 \cdot 10^{-7}$
Помилка ДСП	$2.77 \cdot 10^{-7}$
Помилка ШН	$2.77 \cdot 10^{-7}$
Одночасна помилка ШН та ДСП	$3.83 \cdot 10^{-7}$
Відмова технічного засобу та помилка ДСП	1
Відмова технічного засобу та помилка ШН	1

Висновки.

Запропонований авторами підхід базується на системному підході до оцінювання стану та ресурсу системи, або окремого компонента при якому для кожного функціонального вузла, або елемента системи синтезується окрема модель його поведінки, й формується статистика відмов на основі об'єктивних даних чорної скриньки та суб'єктивних оцінок експертів. Головним завданням подальшого дослідження є розроблення математичного апарату для формування статистик та вирішення проблеми інтеграції результатів спостережень по кожному компоненту в загальну оцінку.

Література:

1. Голинкевич Т. А. Прикладная теория надежности: учебник для вузов по спец. "Автоматизированные системы управления" / Т. А. Голинкевич. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 168 с.
2. Державний стандарт України. Надійність техніки. Терміни та визначення. ДСТУ 2860-94. Видання офіційне. – Київ: Держстандарт України
3. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 704 с.
4. Хенлі Е.Дж. Надійнісне проектування технічних систем і оцінка ризику / Е.Дж. Хенлі, Х. Кумамато / пер. з англ. за ред. Ю.Г. Зареніна. – К.: Вища школа, гол. вид-во, 1987. – 544 с.
5. Abd-El-barr M. Design And Analysis of Reliable and Fault-tolerant Computer Systems. – Imperial Collegedg Press, 2006.
6. Lin Huang. Lifetime Reliability for Load-Sharing Redundant Systems with Arbitrary Failure Distributions / Lin Huang, Qiang Xu // Reliability, IEEE Trans. on. – 2010. – Vol. 59, № 2. – P. 319–330. 39
7. Hardy G. K-Terminal Network Reliability Measures With Binary Decision Diagrams / G. Hardy, C. Lucet, N. Limnios // Reliability, IEEE Trans. on. – 2007. – Vol. 56, № 3. – P. 506–515.
8. Xie J. Contact Discontinuity Modeling of Electromechanical Switches / J. Xie, M. Pecht // Reliability, IEEE Trans. on. – 2004. – Vol. 53, № 2. – P. 279–283.
9. Bonnett A. H. Reliability Comparison between Standard and Energy Efficient Motors / A. H. Bonnett // Industry Applications, IEEE Transactions on. – 1997. – Vol. 33, № 1. – P. 135–142.
10. Schump D. E. Reliability Testing of Electric Motors / D. E. Schump // Industry Applications, IEEE Transactions on. – 1989. – Vol. 4, № 3. – P. 386–390.
11. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та



регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 32 с.

12. Арнольд В. И. Теория катастроф – М.: Наука, 1990. – 128 с.

13. Ершов Г.А. Сравнительный анализ технологий деревьев отказов и автоматизированного структурно-логического моделирования, используемых для выполнения работ по вероятностному анализу безопасности АЭС и АСУТП на стадии проектирования / Г.А. Ершов, А.С. Можаяев, В.С. Викторова и др. – Отчёт о НИР. – Санкт-Петербург, 2005 г. – Режим доступа: https://szma.com/wp-content/uploads/2018/05/nir_technology_2004.pdf

14. Можаяев А.С. Алгоритмические основы технологии автоматизированного структурно-логического моделирования в задачах системного анализа надежности, безопасности и риска: моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах / А.С. Можаяев, Ю.Ф. Демидов / труды международной научной школы МА БР – 2002 (Санкт-Петербург 2–5 июля, 2002 г.) – СПб.: Издательство Бизнес-Пресса, 2002. – С.106–119.

15. TopEvent FTA. Fault Tree Analysis Software
URL: <https://www.fault-tree-analysis.com/download>

16. Мойсеєнко В. І. Метод оперативного визначення стану показників функціонування інформаційно-керуючих систем / В. І. Мойсеєнко, О. О. Самсонкін // Системи обробки інформації. - 2012. - Вип. 3(2). - С. 82-84. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2012_2_3_20

Abstract. *The article presents the results of the analysis and theoretical generalization of scientific works, in which the problems of forming assessments of indicators of the functional safety of information management systems in railway transport in real time are considered. To conduct the study, a model of teams for assessing reliability and functional safety indicators was developed, the calculation of which was carried out using the TopEvent FTA computer program.*

All critical infrastructure facility management systems will require performance assessment procedures. In the overwhelming majority, the assessment system is formed at the stage of development and certification procedures. In railway transport, the regulatory documents define the procedure and indicators of assessment. In particular, these are indicators of functional safety, which are most important for train control systems.

Further, at the stage of technical use, such calculations can be carried out, as a rule, when considering the issues of extending the service life. Such studies are more typical for the control system of nuclear equipment. In railway transport, the procedures for forming on-line assessments of functional safety indicators are so far limited to periodic inspections with the determination of the technical condition by means of an expert assessment.

This state of affairs is due to the electromechanical element base of control systems, which makes it impossible to use monitoring and operational diagnostics of the state of technical means.

The introduction of microprocessor systems removes the previously existing limitations, but insufficient scientific support for the problems of the operational assessment of the performance indicators of the technical means of railway automation somewhat slows down this process. Therefore, the problem of forming methods and models for the operational assessment of indicators of the functioning of critical railway control systems is urgent and practically necessary.

Key words: *reliability analysis, safety assurance, technical condition, information and control systems, railway automation.*

Статья отправлена: 15.02.2021 г.



Expert-Peer Review Board of the journal
Экспертно-рецензионный Совет журнала

Abdulveleva Rauza Rashitovna, Orenburg State University, Russia
Antoshkina Elizaveta Grigorevna, South Ural State University, Russia
Artyuhina Marina Vladimirovna, Slavic State Pedagogical University, Ukraine
Afinskaya Zoya Nikolaevna, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Russia
Bashlaj Sergej Viktorovich, Ukrainian Academy of Banking, Ukraine
Belous Tatyana Mihajlovna, Bukovinian State Medical Academy, Ukraine
Bondarenko Yuliya Sergeevna, PSU named after T.G. Shevcheckko Department of Psychology, Ukraine
Butyrskij Aleksandr Gennadevich, Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Russia
Vasilishin Vitalij Yaroslavovich, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
Vojcehovskij Vladimir Ivanovich, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Gavrilova Irina Viktorovna, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Russia
Ginis Larisa Aleksandrovna, South Federal University, Russia
Gutova Svetlana Georgievna, Nizhnevartovsk State University, Russia
Ivanova Svetlana Yurevna, Kemerovo State University, Russia
Ivlev Anton Vasilevich, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Russia
Idrisova Zemfira Nazipovna, Ufa State Aviation Technical University, Russia
Iliev Veselin, Bulgaria
Kirillova Tatyana Klimentevna, Irkutsk State Transport University, Russia
Kovalenko Tatyana Antolevna, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Russia
Kotova Svetlana Sergeevna, Russian State Vocational Pedagogical University, Russia
Krestyanpol Lyubov Yurevna, Lutsk State Technical University, Ukraine
Kuhtenko Galina Pavlovna, National University of Pharmacy of Ukraine, Ukraine
Lobacheva Olga Leonidovna, Mining University, Russia
Lyashenko Dmitrij Alekseevich, National Transport University, Ukraine
Makarenko Andrej Viktorovich, Donbass State Pedagogical University, Ukraine
Melnikov Aleksandr Yurevich, Donbass State Engineering Academy, Ukraine
Moroz Lyudmila Ivanovna, "National University" "Lviv Polytechnic" "", Ukraine
Muzylyov Dmitrij Aleksandrovich, Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko, Ukraine
Nadopta Tatyana Anatolievna, Khmelnytsky National University, Ukraine
Napalkov Sergej Vasilevich, Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Russia
Nikulina Evgeniya Viktorovna, Belgorod State National Research University, Russia
Orlova Anna Viktorovna, Belgorod State National Research University, Russia
Osipov Viktor Avenirovich, Tyumen State University, Russia
Privalov Evgenij Evgrafovich, Stavropol State Agrarian University, Russia
Pyzhyanova Nataliya Vladimirovna, Ukraine
Segin Lyubomir Vasilovich, Slavic State Pedagogical University, Ukraine
Sergienko Aleksandr Alekseevich, Lviv National Medical University named after Daniil of Galitsky, Ukraine
Sochinskaya-Sibirceva Irina Nikolaevna, Kirovograd State Technical University, Ukraine
Sysoeva Vera Aleksandrovna, Belarusian National Technical University, Belarus
Tleuov Ashat Halilovich, Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan
Tolbatov Volodimir Aronovich, Sumy State University, Ukraine
Tolbatov Sergij Volodimirovich, Sumy National Agrarian University, Ukraine
Hodzhaeva Gyulnaz Kazym kyzy, Russia
Chigirinskij Yulij Lvovich, Volgograd State Technical University, Russia
Shehmirzova Andzhela Muharbievna, Adygea State University, Russia
Shpinkovskij Aleksandr Anatolevich, Odessa National Polytechnic University, Ukraine



CONTENTS/СОДЕРЖАНИЕ

Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation

Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-067> 6

CORRELATION PERCEPTION OF UNCERTAINTY WITH THE ERROR OF MEASUREMENTS

КОРРЕЛЯЦИОННОЕ ВОСПРИЯТИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ С ПОГРЕШНОСТЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ

Tarasenko Yu.S. / Тарасенко Ю.С., Savchenko Iu.V. / Савченко Ю.В.

Prokopovych-Tkachenko D.I. / Прокопович-Ткаченко Д.И., Parshyna O.A. / Паршина Е.А.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-089> 11

PHOTOEMISSION QUANTUM OUTPUT UND METHODEN SEINER MESSUNG.

КВАНТОВЫЙ ВЫХОД ФОТОЭМИССИИ И МЕТОДЫ ЕГО ИЗМЕРЕНИЯ

Chernikov N.G. / Черников Н.Г., Braslavskaya E.V. / Браславская Е.В.

Chernikov E.N. / Черникова Е.Н.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-113> 17

COLOR DETECTION DEVICE OF ANIMAL WOOL COVER

ПРИСТРОЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРУ ШЕРСТНОГО ПОКРИВУ ТВАРИН

Tsybukh A.V. / Цибух А.В., Lysyuchenko M.L. / Лисиченко М.Л.

Industrial engineering. Management engineering

Информатика, вычислительная техника и управление

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-014> 29

SUM OF ABSOLUTE DIFFERENCES ALGORITHM IMPROVEMENT BY CHARACTERISTIC POINTS USAGE

ПОКРАЩЕННЯ АЛГОРИТМУ СУМИ АБСОЛЮТНИХ РІЗНИЦЬ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ХАРАКТЕРНИХ ТОЧОК

Dibrivnyy O.A. / Дібрівний О.А., Grebenyuk V.V. / Гребенюк В.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-078> 34

SIMULATION MODELING OF BEAN QUALITY DETERMINATION PROCESS DEPENDING ON THE PARAMETERS OF LASER IRRADIATION OF ITS ROOT SYSTEM BASED ON FUZZY MAMDANI ALGORITHM

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ КВАСОЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЇЇ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО АЛГОРИТМУ МАМДАНІ

Sukhin V.V. / Сухін В.В., Lysyuchenko M.L. / Лисиченко М.Л.



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-097> 44

NEW COMPUTER ENGINEERING HELPS DOCTORS

НОВА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА ДОПОМАГАЄ ЛІКАРЯМ

Fursa Y.O. / Фурса Ю.О., Orel O.V. / Орел О.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-109> 49

3D SCAN TO DETERMINE THE FAT CONTENT OF THE HUMAN BODY

3D СКАНУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЖИРОВОЇ ЧАСТКИ ТІЛА ЛЮДИНИ

Romanjuk A. N. / Романюк О. Н., Marushchak A. V. / Марущак А. В.

Shmaliukh V. A. / Шмалюх В. А., Mikhaylov P. I. / Михайлов П. І.

Chekhmestruk R. Y. / Чехмейструк Р. Ю., Perun I. V. / Перун І. В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-110> 54

CYBERSECURITY TRENDS IN AGRICULTURE

ТЕНДЕНЦІЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Viunenko O.B. / В'юненко О.Б., Tolbatov A.V. / Толбатов А.В.

Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation

Транспорт

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-022> 61

FEATURES OF THE INTRODUCTION OF HIGH-SPEED TRAIN

TRAFFIC ON THE RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ НА

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Dubrovskaya T.A. / Дубровская Т. А.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-039> 65

WINTER ROAD MAINTENANCE EFFICIENCY IMPROVEMENT

BY THE RATIONAL USE OF DEICING AGENTS

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ

ДОРІГ ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРОТИОЖЕЛЕДНИХ

МАТЕРІАЛІВ

Kravchenya I.M. / Кравченя І.М., Lebid I.H. / Лебідь І.Г., Luzhanska N.O. / Лужанська Н.О.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-040> 71

APPROACH TO CALCULATING THE REFERENCE MTBF FOR

A SPECIFIC BRAND OF VEHICLE FLEET OF A BORDER DETACHMENT

ПІДХІД ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЕТАЛОННОГО НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ

ТЕХНІКИ КОНКРЕТНОЇ МАРКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКУ ПРИКОРДОННОГО

ЗАГОНУ

Holovnia S.B. / Головня С.Б.



- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-049> **75**
OPERATIONAL ANALYSIS METHOD FOR THE LIGHT-DUTY VEHICLES CONSIDERING THE TRANSPORTATION CONDITIONS BY THE CRITERION OF THEIR ENERGY RESOURCE EFFICIENCY
МЕТОДИКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ АВТОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ З УРАХУВАННЯМ УМОВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗА КРИТЕРІЄМ ЇХ ЕНЕРГОРЕСУРСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
Halona I.I. / Гальона І.І., Pitsyk M.H. / Піцик М.Г.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-054> **80**
ASSESSMENT OF THE IMPACT OF SPEED SENSORS ON THE COMMISSION OF ACCIDENTS DUE TO VIOLATIONS OF THE ESTABLISHED SPEED LIMITS IN THE CITY OF GOMEL AND GOMEL REGION
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ НА СОВЕРШЕНИЕ ДТП ПО ПРИЧИНЕ НАРУШЕНИЯ УСТАНОВЛЕННЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ В Г. ГОМЕЛЕ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ
Dauhulevich V.A. / Довгулевич О.А.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-065> **86**
METHODOLOGY OF POST-OPERATING JUSTIFICATION OF THE CHOICE FOR THE LIGHT-DUTY VEHICLES OF THEIR ENERGY EFFICIENCY
МЕТОДИКА ПІСЛЯЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АВТОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ ЗА ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ
Halona I.I. / Гальона І.І., Pitsyk M.H. / Піцик М.Г.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-086> **91**
RESEARCH OF HUMAN FACTOR IN AVIATION
ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ В АВІАЦІЇ
*Vyshnevskya O.P. / Вишневська О.П., Nosko P.L. / Носко П.Л.
Bashta O.V. / Башта О.В., Bashta A.O. / Башта А.О.*
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-098> **99**
FUTURE TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT
ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ
Semyrozum Y.S. / Семірозум Ю.С., Orel O.V. / Орел О.В.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit15-03-104> **104**
METHOD AND MODELS FOR GENERATING FUNCTIONAL SAFETY ASSESSMENTS IN REAL TIME
МЕТОД ТА МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ОЦІНОК ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ
*Moiseienko V.I. / Мойсеєнко В.І., Kameniev O.Y. / Каменєв О.Ю.
Duchenko P.Y. / Дученко П.Ю., Safin V.T. / Сафін В.Т.*



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 84.35)

Issue №15

Part 3

February 2021

Development of the original layout - Sergeieva&Co
Articles published in the ator's edition

Signed: February 2021

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de



With the support of International research
project SWorld
ww.sworld.education

