



Issue №18
Part 1





International periodic scientific journal

ONLINE

www.modscires.pro

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 93.8)

MODERN Scientific Researches

Issue №18
Part 1
December 2021



With the support of:

D.A.Tsenov Academy of Economics - Svishtov (Bulgaria)
Institute of Sea Economy and Entrepreneurship
Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)
Ukrainian National Academy of Railway Transport
State Research and Development Institute of the Merchant Marine of Ukraine (UkrNIIMF)
Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education
Alecu Russo State University of Bălți
GUUPO "Belarusian-Russian University"
Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences
Odessa Research Institute of Communications

Published by:
Yolnat PE, Minsk, Belarus

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

Editorial board: More than 240 doctors of science. Full list on pages 3-4

The International Scientific Periodical Journal "*Modern Scientific Researches*" 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.



Editorial board

- Averchenkov Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Bryansk State Technical University, Russia
- Angelova Polyia Georgieva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Economic Academy D A Tsenova, Svishov, 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 Polytechnical Institute", Ukraine
- Antrapceva Nadezhda Mihajlovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
- Ahmadiev Gabdulahat 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
- Bezdenzhnyh Tatjana 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
- Vorozhitova 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 Gennadiy 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 Gennadiy Andreevich, Doctor of Education, Professor, Moscow State Industrial University, Russia
- Goncharuk Sergey Mironovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
- Grinovskaya Lyudmila Nikolaevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kherson State Agrarian University, Ukraine
- Grebnava 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
- Gricenko 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 Sergey Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia
- Dorofeev Andrey 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
- Ermaganbet Bolat Toleuhanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Coal Chemistry and Technology LLP, Kazakhstan
- Zhovnotov 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 Vladimirovich Timofeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tomsk State University, Russia
- Kalenik Tatjana 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
- Kirilova 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 Gulzhaular 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, Ivano-Frankivsk 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 Polytechnical 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 Toraygrovna, Kazakhstan
- Kurmaev Petr Yurevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychnya, 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
- Latygina 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 Vasilievna, 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, Byisk Technological Institute (branch) "Altai State Technical University named after I I Polzunova", head of the department of business economics, Russia
- Mishenina Tatjana Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine
- Mogilevska 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 Tatjana 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
- Opelova Gullira Elubayevna, 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 Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Nizhny Novgorod State Technical University R E Alekseeva, 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
- Rezevov Maksim Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia
- Reznikov Andrej Valentinovich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Moscow State Technological 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 Sergey Ivanovich, PhD in Economics, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- Savelva 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 Efremovich, Doctor of Law, assistant professor, Pacific State University, Russia
- Stovpce Olexsandr Vasilovich, Doctor of Philosophy, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- Stovpce Vasil Grigorevich, 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 Yuriy 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 Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ukraine
- Tarasenko Larisa Viktorovna, Doctor of Sociology, Professor, South Federal University, Russia
- Teslov 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 Evgenievich, 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 Babgaysovna, Doctor of Biological Sciences, Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Kazakhstan
- Ustenko Sergey Anatolevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Nikolaev State University named after V O Sukhomlinsky, Ukraine
- Fateeva 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
 Chervoniy 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 "Alecu 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 Mitrovica, 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
 Evstropov 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
 Tataruchuk Tetiana, PhD in technical sciences, NU "Zaporizhzhya Polytechnic", Ukraine
 Chupakhina Svitlana Vasyliivna, PhD in pedagogical sciences, docent, Vasil Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine
 Boiko Ruslan Vasilovich, PhD in Economics, docent, Khmelnytsky National University, Ukraine
 Voropayeva Tetiana Sergiivna, PhD in Psychology, docent, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
 Zakharanko 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 Iryna Grigorevna, PhD in Economics, docent, Adyge State University, Russia
 Vitroviy 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 Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
 Katerynychuk 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 Oleksandrovych, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Uman National University of Horticulture, Ukraine
 Smutechak Zinaida Vasyliivna, 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 Valentina Mykolajivna, 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 Tychnina, 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
 Shepel Yuri Alexandrovich, Doctor of Philology, Professor, Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine
 Kuris Yuri Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Zaporizhzhya National University, Ukraine
 Kalinichenko Iryna Aleksandrovna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Sumy State Pedagogical University named after A S Makarenko, Ukraine
 Kagermazova Laura Tsraevna, Doctor of Psychology, Professor, Chechen State Pedagogical Institute, Russia
 Kravchenko Olena Ivanivna, Doctor of Pedagogical Sciences, assistant professor, Luhansk National Taras Shevchenko University, Ukraine
 Redkous Vladimir Mikhailovich, Doctor of Law, Professor, Institute of State and Law of the Russian Academy of Sciences, Russia
 Evstropov Vladimir Mikhailovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian Customs Academy, Russia
 Kononova Alexandra Evgenievna, PhD in Economics, assistant professor, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine
 Svitlana Titova, PhD in Geography, assistant professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
 Tataruchuk Tetiana, PhD in Technical Sciences, Zaporizhzhya Polytechnic, Ukraine
 Chupakhina Svitlana Vasyliivna, PhD in Pedagogical Sciences, assistant professor, Vasil Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine

Boiko Ruslan Vasilovich, PhD in Economic Sciences, assistant professor, Khmelnytsky National University, Ukraine
 Voropayeva Tetiana Sergiivna, PhD in Psychology, assistant professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
 Kirkin Oleksandr Pavlovich, PhD in Technical Sciences, assistant professor, Priazovskiy State Technical University, Ukraine
 Kyianovskiy Aleksandr Moiseevich, PhD in Chemistry, assistant professor, Kherson State Agrarian University, Ukraine
 Tharkahova Iryna Grigorevna, PhD in Economic Sciences, assistant professor, Adyge State University, Russia
 Vitroviy Andriy Orestovych, PhD in Technical Sciences, assistant professor, Ternopil National Economic University, Ukraine
 Khodakivska Olga, Doctor of Economic Sciences, senior researcher, National Research Center "Institute of Agrarian Economics", Ukraine
 Shatkovskiy Andrii, Doctor of Agricultural Sciences, Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
 Katerynychuk 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, assistant professor, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
 Stanislavchuk Oksana Volodymyrivna, PhD in Technical Sciences, assistant professor, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
 Mirus Oleksandr-Zenovij Lvovich, PhD in Chemistry, assistant professor, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
 Belotserkovets Vladimir Viktorovich, Doctor of Economic Sciences, Professor, National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine
 Lopuch Piotr Stepanovych, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Belarusian State University, Belarus
 Shvest Iryna Borysovna, Doctor of Arts, Professor, Vinnytsia State Pedagogical University named after M Kotsyubinsky, Ukraine
 Morozov Oleg Viktorovich, Doctor of Historical Sciences, assistant professor, University of Customs and Finance, Ukraine
 Vykhrushch Vira Oleksandrivna, Doctor of Pedagogy, professor, National University "Lviv Polytechnic", Ukraine
 Okhrimenko Viacheslav Mykolaiovich, PhD in Technical Sciences, assistant professor, Kharkiv National University of Municipal Economy named after A M Beketova, Ukraine
 Podchashynskiy Yurii Oleksandrovych, Doctor of Technical Sciences, professor, Zhytomyr Polytechnic, Ukraine
 Bilavych Halyna Vasyliivna, Doctor of Pedagogy, professor, Vasil Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine
 Hurin Ruslan Serghiyovych, PhD in Pedagogical Sciences, assistant professor, South Ukrainian National Pedagogical University named after K D Ushinsky, Ukraine
 Sukhomlinov Anatolii Ivanovich, PhD in Technical Sciences, assistant professor, Far Eastern Federal University, Russia
 Popova Julia Mikhailivna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Poltava State Agrarian University, Ukraine
 Kononenko Mykhailo Mykhaylovych, PhD in Public Administration, assistant professor, Poltava State Agrarian University, Ukraine
 Mular Volodymyr Ilyich, Doctor of Philosophical Science, Professor, Zhytomyr Polytechnic, Ukraine
 Yefimova Olha Mykolajivna, PhD in Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
 Khymai Natalia Ihorivna, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
 Zarivna Oksana Tymofivna, PhD in Pedagogical Sciences, assistant professor, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
 Shalova Natalia Stanislavivna, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
 Mitina Lubov Sergiivna, PhD in Philology, assistant professor, Kharkiv State Academy of Culture, Ukraine
 Suima Iryna Pavlivna, PhD in Philology, Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine
 Medynska Tetiana Igorivna, PhD in Economics, assistant professor, Rivne State Humanitarian University, ORCID 0000-0001-6838-6403, Ukraine
 Vekua Oksana Vitalevna, PhD in Philology, assistant professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
 Shilo Zhanna Stepanivna, PhD in Economics, assistant professor, National University of Water Resources and Environmental Management, ORCID 0000-0002-2669-6734, Ukraine
 Chladze Georgiy Bidzinovich, Doctor of Law, Professor, University of Georgia, Georgia
 Kolomiets Tetiana Vyacheslavivna, PhD in Philosophy, National Medical University named after A A Bogomolets, ORCID 0000-0002-5335-7789, Ukraine
 Fonar Liudmyla, PhD in technical sciences, Odessa National Polytechnic University, ORCID 0000-0002-7478-6742, Ukraine
 Melnyk Marharyta, PhD in technical sciences, assistant professor, Odessa National Polytechnic University, ORCID 0000-0003-0619-7281, Ukraine
 Cuznetov Alexandru Serghei, PhD in Law, assistant professor, Moldavian State University, ORCID 0000-0002-2738-5620, Moldova
 Yelnikova Mariia, PhD in political science, National Pedagogical University named after M P Dragomanov, ORCID 0000-0001-9250-4684, Ukraine
 Pysmennna Olena, PhD in Law, assistant professor, Donetsk National University named after Vasily Stus, Ukraine
 Knyazeva Maryna Vladislavovna, Kharkiv National University V N Karazin, Ukraine
 Khara Maryna Volodymyrivna, PhD in technical sciences, assistant professor, SHEE "Priazov State Technical University", Ukraine
 Nikolaienko Iryna Volodymyrivna, PhD in technical sciences, assistant professor, SHEE "Priazov State Technical University", Ukraine
 Malinovskiy Yuriy Alexandrovich, PhD in technical sciences, assistant professor, OSB "Kryvyi Rih Professional College of the National Aviation University", Ukraine
 Andrii Tkachuk, PhD in technical sciences, assistant professor, State University "Zhytomyr Polytechnic", Ukraine
 Shablil Tetiana Petrivna, PhD in Medical Sciences, assistant professor, Odessa National Medical University, ORCID 0000-0003-3114-3728, Ukraine
 Ziaichkivska Oksana Vasylivna, PhD in Economics, assistant professor, NUVGP, ORCID 0000-0002-8792-9204, Ukraine



About the journal

The International Scientific Periodical Journal " **Modern Scientific Researches** " has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars. Today, the journal publishes authors from Russia, Ukraine, Moldova, Kazakhstan, Belarus, Czech Republic, Bulgaria, Lithuania, Poland and other countries.

Journal Established in 2018. 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 the INDEXCOPERNICUS.

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.



УДК 621.311

**RESISTIVE GROUNDING OF THE NEUTRAL OF THE 20 kV
DISTRIBUTION NETWORK****РЕЗИСТИВНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ НЕЙТРАЛІ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 20 кВ****Kliushnyk O.S. / Ключник О.С.**

master / magіstr

ORCID: 0000-0002-3508-4502

Buryak A.R. / Буряк А.Р.

master / magіstr

ORCID: 0000-0001-7732-575X

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м Київ, просп. Перемоги, 37, 03056*

Анотація. *Переведення мереж напругою 6(10) кВ на напругу 20 кВ має свої значні переваги: збільшення пропускної здатності ліній електропередавання, зменшення втрат, зменшення габаритних розмірів підстанції 20 кВ. В багатьох енергосистемах країнах світу визнано доцільним проводити модернізацію мереж 20 кВ шляхом заземлення нейтралі через резистор.*

Стаття присвячена визначенню оптимального опору резистора заземлення для організації захисту електричної мережі 20 кВ. Спосіб заземлення нейтралі через резистор дозволяє найпростіше вирішити два важливих технологічних завдання: є можливим визначити пошкоджене приєднання та негайно вжити заходів щодо усунення пошкодження; створюються передумови для вибору простого струмового релейного захисту, що діє або на сигнал, або на відключення. В статті описано можливі варіанти організації заземлення нейтралі мереж 20 кВ через резистор: низькоомне та високоомне. Наведено основні критерії вибору типу резистора для заземлення нейтралі.

Розроблено моделі енерговузла мережі 20 кВ. Моделі дозволяють детально досліджувати замикання на землю за різних методів заземлення нейтральної точки. Представлені результати моделювання резистивного заземлення нейтралі мережі 20 кВ на розрахунковій схемі в MATLAB та Power Factory. Проведено моделювання КЗ в різних місцях мережі, при різних опорах замикання та методах заземлення. На основі результатів дослідження для подальшого розгляду був обраний оптимальний варіант виконання резистивного заземлення. Установлено, що використання низькоомного резистивного заземлення нейтралі дозволяє організувати швидке відключення пошкодженої ділянки та не викликати при цьому небезпечні перенапруги в мережі. Також в статті розглянуто можливі варіанти релейного захисту резистора в ланцюзі нейтралі. Установлено, що в випадку, коли струми через резистор досягають сотні ампер - релейний захист від замикань на землю виконується у вигляді ненаправленого СЗНП (струмового захисту нульової послідовності) з незалежною часострумовою характеристикою. На основі результатів дослідження також зроблено висновок щодо оптимального опору резистора заземлення в нейтралі мережі 20 кВ.

Ключові слова: *напруга 20 кВ; розподільна мережа; резистор; коротке замикання; заземлення; нейтраль.*

Вступ.

Останні декілька десятиліть відзначилися різким збільшенням установленної потужності в енергосистемах. Потужності енергетичних установок світової економіки та втрати в них наблизилися до геофізичних



потужностей і стали фактором людської діяльності, що впливає на екологічний стан планети. Збільшення територіальної щільності навантаження в густонаселених мегаполісах призвело до суттєвого збільшення втрат електроенергії і особливо в розподільних мережах як кінцевій ланці передавання електроенергії. Однією з важливих задач вирішення цієї проблеми вбачається у використанні класу напруги 20 кВ для суттєвого зменшення втрат електроенергії.

За впровадження напруги 20 кВ важливим питанням є режим нейтралі мережі. На режим заземлення нейтралі через резистор в розподільних мережах енергосистеми України все частіше акцентується тільки увага, тоді як світі резистивне заземлення нейтралі - це найбільш широко застосовуваний метод. Традиційно в мережах середньої напруги країн СНД використовується режим ізольованої нейтралі (приблизно 80 % мереж 6...35 кВ) і режим заземлення нейтралі через дугогасний реактор (приблизно 20% мереж 6...35 кВ) [1]. Якщо розглядати світову практику експлуатації, то в інших країнах частіше всього застосовується заземлення нейтралі через резистор (заземлення нейтралі через активний опір, рис.1) чи дугогасний реактор [3].

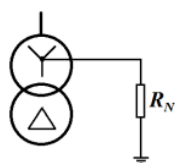


Рисунок 1 – Заземлення нейтралі через резистор

При однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ) в мережах з заземленою через резистор нейтраллю у всіх приєднаннях протікають власні ємнісні струми, а в пошкодженому приєднанні, крім того, протікає активний струм, що створюється резистором. Це дозволяє вирішити дві важливі задачі: селективно визначити пошкоджене приєднання (за рахунок простих релейних захистів, що діють на відключення чи на сигнал) і негайно прийняти міри щодо усунення пошкодження; суттєво обмежити рівень дугових перенапруг при ОЗЗ і виключити ферорезонансні процеси [2].

На теперішній час в енергосистемах розвинених країн використовують три варіанти заземлення нейтралі мереж 20 кВ через резистор: низькоомне, високоомне та комбіноване.

Низькоомне резистивне заземлення нейтралі застосовується у випадках, коли ОЗЗ має бути селективно вимкнене протягом мінімально можливого часу.

Високоомне резистивне заземлення нейтралі доцільно застосовувати в тих випадках, коли мережа повинна мати можливість тривалої роботи в режимі ОЗЗ до виявлення місця ОЗЗ.

Особливістю застосування високоомного опору в нейтралі в порівнянні з компенсацією є те, що при зменшенні ємності мережі постійна часу стікання вільного заряду через обраний за наведеними умовами резистор, зменшується, і, отже, ефект обмеження перенапруги не змінюється. Якщо ж постійна часу збільшується, що буває досить рідко, то в діапазоні зміни її на 20...30 % кратність перенапруг сягає не більше $2,5 U_{\phi}$ [4].



Вибір типу резистора для заземлення нейтралі проводиться за трьома основними критеріями: резистор повинен забезпечувати зниження рівня дугових перенапруг; опір резистора в нейтралі має гарантувати протікання активного струму в пошкодженому приєднанні, достатнього для дії релейних захистів на сигнал або відключення пошкодженої приєднання; при заземленні нейтралі через резистор повинні дотримуватися умови електробезпеки для людей при ОЗЗ на підстанціях і розподільних пунктах з урахуванням існуючого нормування величини допустимої напруги дотику [4].

Мета роботи. Визначення оптимального опору резистора заземлення для організації захисту мережі 20 кВ із забезпеченням достатньої чутливості релейного захисту та мінімального рівня перенапруги в мережі.

Матеріали та методи.

Переведення мереж напругою 6(10) кВ на напругу 20 кВ має свої значні переваги: збільшення пропускної здатності ліній електропередавання, зменшення втрат, зменшення габаритних розмірів підстанції 20 кВ. В багатьох енергосистемах країнах світу визнано доцільним проводити модернізацію мереж 20 кВ шляхом заземлення нейтралі через резистор. В статті описано можливі варіанти організації заземлення нейтралі мереж 20 кВ через резистор: низькоомне та високоомне. Наведено основні критерії вибору типу резистора для заземлення нейтралі.

Розроблено моделі енерговузла мережі 20 кВ. Представлені результати моделювання резистивного заземлення нейтралі мережі 20 кВ на розрахунковій схемі в MATLAB та Power Factory. Проведено моделювання КЗ в різних місцях мережі, при різних опорах замикання та методах заземлення. На основі результатів дослідження для подальшого розгляду був обраний оптимальний варіант виконання резистивного заземлення. Установлено, що в випадку, коли струми через резистор досягають сотні ампер - релейний захист від замикань на землю виконується у вигляді ненаправленого СЗНП (струмового захисту нульової послідовності) з незалежною часо струмовою характеристикою. На основі результатів дослідження також зроблено висновок щодо оптимального опору резистора заземлення в нейтралі мережі 20 кВ.

Результати досліджень.

Дослідження режимів роботи систем електропостачання напругою 20 кВ з резистивними способами заземлення нейтралі проводилось на математичних моделях розроблених в програмному середовищі MATLAB та Power Factory. У досліджуваній системі електропостачання заземлення нейтралі здійснюється за рахунок опору як фідерів ПЛ, так і фідерів КЛ незалежно від їх довжини. Струми та напруги ОЗЗ порівнюються для різних місць замикання, опорів замикання та методів заземлення. Це може допомогти у виборі найбільш ефективного типу заземлення нейтралі для конкретної мережі.

На рисунку 2 наведено електричну принципову схему енерговузла, дослідження якого проводилось на моделі в програмному середовищі Power Factory за аварійних ОЗЗ на фідері «РП-6» (одноконтурний фідер КЛ) для двох варіантів заземлення нейтралі.

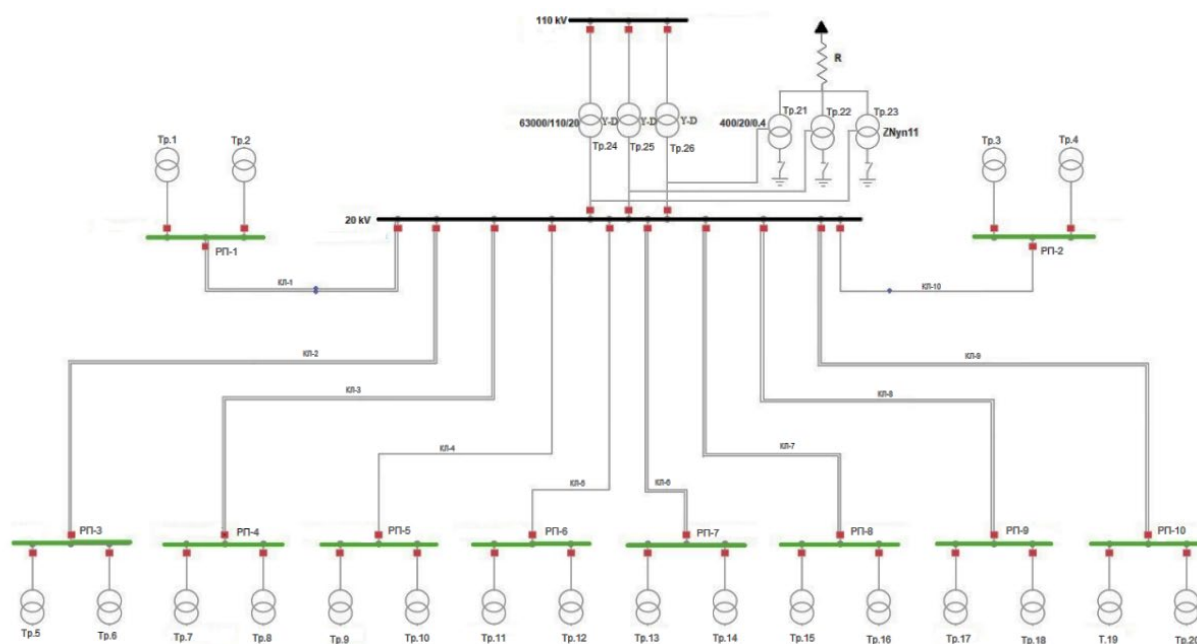


Рисунок 2 – Електрична принципова схема енерговузла

В результаті проведеного моделювання встановлено, що в нейтралі доцільно встановлювати низькоомний резистор з опором від 10 до 15 Ом. На рисунку 3 представлено таблицю результатів моделювання при встановленні в нейтраль резистора опором 12 Ом.

Verification										
Short-Circuit Calculation complete										
Single Phase to Ground /										
Short-Circuit Duration		Fault Impedance								
Break Time		0.10 s		Resistance , Rf		12.00 Ohm				
				Resistance , Xf		0.00 Ohm				
		0-1-2 Sequence voltages			Sk"		Ikss		0-1-2 Sequence currents	
Short Circuit Location			[kV]	[deg]		[MVA]	[kA]	[deg]		[kA] [deg]
PI-6		U1	19.41	-42.94	A	6.613	0.347	145.08	I1	0.166 145.08
		U2	0.15	-147.90	B	6.613	0.347	0.00	I2	0.166 145.08
		U0	5.99	116.79	C	6.613	0.347	0.00	3*I0	0.147 145.08
Grid: 110 kV Feeders		System Stage: 110 kV Feeders						[Annex: / 2		
rtd.V. Line to Ground Voltages		0-1-2 Sequence voltages			Sk"		Currents		0-1-2 Sequence currents	
		[kV]	[kV]	[deg]	[kV]	[deg]	[MVA]	[kA]	[deg]	[kA] [deg]
Valves at Observation location										
SMC on Line:		PI-6								
		A	13.88	-34.08	U1	19.41	-42.94			
		B	21.13	-178.88	U2	0.15	-147.90			
		C	24.46	-86.16	U0	5.99	116.79			

Рисунок 3 – Результати моделювання в Power Factory для заземленої нейтралі з низьким опором за ОЗЗ у кінці лінії (РП-6)

Для такого пошкодження як ОЗЗ на кінці лінії (РП-6) з опором пошкодження 40 Ом результати моделювання показані на рисунку 4. Струм у нейтралі обмежений, в той час як струм у місці пошкодження вище через ємнісні струми.

Моделювання дозволило детально дослідити замикання на землю за різних типів резисторів, які використовуються для заземлення нейтральної точки. У систем заземлення нейтралі з низьким опором струм ОЗЗ можна контролювати, регулюючи значення опору заземлення.



Verification Short-Circuit Calculation complete										Single Phase to Ground /									
Short-Circuit Duration Break Time				0.10 s		Fault Impedance Resistance, Rf				40.00 Ohm		Resistance, Xf				0.00 Ohm			



За моделювання режимів роботи розподільної мережі 20 кВ з різним виконанням резистивного заземлення нейтральної точки, встановлено, що найбільш ефективним є варіант низькоомного заземлення через резистор з опором 12 Ом. Для захисту рекомендується застосовувати швидкодіючий диференціальний захист та максимальний струмовий захист. Всі ці види захисту в ході досліджень показали хорошу чутливість до всіх видів замикань, тому їхнє застосування є ефективним.

Література:

1. Электроэнергия. Передача и распределение. (июль - август, 2016 г). Релейная защита сети 20 кВ: технические решения и особенности от ООО «Релематика»».
2. А.А. Лопато Расчет низкоомного резистивного заземления нейтрали 20кВ трансформаторных подстанций // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления. - 2015. - №материалы XV науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. - С. 230-233.
3. В.В.Кирик, Б.В. Циганенко, О.С. Яндульський. Розподільні електричні мережі напругою 20 кВ та ефективність їх роботи: монографія / В.В.Кирик, Б.В. Циганенко, О.С. Яндульський.-К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018.-233с.
4. Караник, А. А. (2018). Резистивно-заземленная нейтраль электрических сетей. Retrieved from <https://rep.bntu.by/handle/data/51499>
5. Abdallah R. Al-Zyoud, A. Alwadie, A. Elmitwally, and Abdallah Basheer (2015).Effect of Neutral Grounding Methods on the Earth Fault Characteristics. Retrieved from <https://www.piers.org/pierspublications/PIERS2015PragueProceedings 02>

Abstract. Conversion of networks with a voltage of 6 (10) kV to a voltage of 20 kV has its significant advantages: increasing the capacity of transmission lines, reducing losses, reducing the overall size of the 20 kV substation. In many power systems around the world, it is considered appropriate to modernize 20 kV networks by grounding the neutral through a resistor.

The article is devoted to determining the optimal resistance of the grounding resistor to protect the electrical network of 20 kV. The method of grounding the neutral through a resistor makes it easier to solve two important technological problems: it is possible to identify the damaged connection and immediately take measures to eliminate the damage; prerequisites are created for choosing a simple current relay protection, acting either on a signal or on a trip. The article describes the possible options for organizing the neutral grounding of 20 kV networks through a resistor: low-resistance and high-resistance. The main criteria for choosing the type of resistor for neutral grounding are presented.

Models of the 20 kV network power unit have been developed. The models allow to study in detail the earth fault by different methods of grounding the neutral point. The results of modeling of resistive grounding of a neutral of 20 kV network on the calculation scheme in MATLAB and Power Factory are presented. The short circuit was simulated in different places of the network, at different short-circuit resistances and grounding methods. Based on the results of the study, the optimal version of resistive grounding was selected for further consideration. Since the use of a low-resistance resistive neutral grounding allows you to quickly disconnect the damaged area and not cause dangerous overvoltages in the network. The article also discusses the relay protection of the resistor in the neutral circuit. If the resistor currents are equal to one hundred amperes, earth fault relay protection is performed in the form of non-directional TZNP (zero sequence current



protection) with an independent time-current characteristic. Based on the results of the study, a conclusion was also made regarding the optimal resistance of the grounding resistor.

Keywords: *voltage 20 kV, distribution network, resistor, short circuit, grounding, neutral.*

Стаття відправлена: 17.12.2021 р.

© Ключник О.С., Буряк А.Р.



УДК 621.311

MODERNIZATION OF ELECTRICITY ACCOUNTING SYSTEMS

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Kryvokhyzha V.P. / Кривохижа В.П.

Student / Студент

Khalikov V.A. Халіков В.А.

d.t.s., s.s.e / д.т.н., с.н.с.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Київ, Проспект Перемоги, 37, 03056

Анотація. У статті розглянуті питання актуальності використання існуючих засобів обліку електроенергії, проаналізовано діючу систему обліку, досліджені сучасні методи модернізації приладів обліку. Обґрунтовано переваги використання сучасних цифрових лічильників електроенергії, в порівнянні з існуючими, індукційними, проаналізовано вплив інтеграції автоматизованої системи обліку на параметр втрат електроенергії в мережі.

Ключові слова: лічильники електроенергії, облік електричної енергії, засоби передачі даних, контролер, автоматизована система обліку.

Вступ.

Точність та достовірність обліку, в першу чергу, визначається засобами інформаційно-вимірювальної техніки, які знаходяться в експлуатації. До засобів вимірювальної техніки, висуваються вимоги щодо їх автоматизації.

Актуальним є дослідження системи обліку та засобів передачі даних, та методів модернізації механізмів обліку та системи в цілому, з метою зниження витрат в мережі. Тому, використання автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії, що дає можливість для дистанційного збору та обробки інформації щодо обсягів електричної енергії.

Аналіз тенденцій модернізації обліку електроенергії в певних областях України може дозволити визначити економічну ефективність заміни існуючих пристроїв обліку на більш сучасні – цифрові.

Основний текст.

Основною метою використання систем обліку є отримання інформації про обсяги виробництва, відпуску та споживання електроенергії.

Класи точності лічильників комерційного та технічного обліку, вимірювальних трансформаторів струму та напруги, а також припустимі значення похибок вимірювального комплексу повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [2]. Для підвищення надійності та економічного ефекту виробництва електроенергії широко використовується автоматизована система комерційного обліку електроенергії.

Система АСКОЕ складається із засобів вимірювальної техніки, устаткування збору, обробки та відображення інформації, засобів зв'язку, функціонально об'єднаних для забезпечення комерційного обліку електричної енергії.

Функціонування автоматизованої системи обліку неможливе без



використання спеціальних пристроїв для обробки даних. Тому, до засобів вимірювальної техніки, висуваються певні вимоги щодо їх автоматизації, надійності та можливості встановлення контролерів для передачі зафіксованих даних щодо обліку електроенергії. Оскільки, лічильники індукційного типу мають досить суттєві недоліки, існує тенденція заміни індукційних лічильників на більш сучасні – електронні (таблиця 1).

Незважаючи на такі суттєві переваги засобів обліку індукційного типу, як надійність експлуатації протягом тривалого строку та порівняно низька вартість, вони мають низку недоліків, яка відсутня в цифрових лічильниках.

Основними причинами заміни індукційних лічильників є фізична застарілість даних приладів обліку та майже повна відсутність захисту від розкрадання електроенергії. Також, конструкція лічильників індукційного типу унеможливує їх застосування в системі АСКОЕ, а отже, зникає можливість дистанційного збору та обробки даних.

Таблиця 1 - Порівняння засобів обліку

Параметр	Індукційні лічильники	Електронні лічильники
Схильність до впливу стрибків та зниження напруги в мережі	Ні	Так
Надійність в експлуатації протягом тривалого строку	Так	Ні
Порівняно низька вартість	Так	Ні
Наявність декількох тарифів	Ні	Так
Двонаправлений облік електроенергії	Ні	Так
Фіксація несанкціонованого доступу	Ні	Так
Можливість зберігання даних щодо обліку	Ні	Так
Можливість використання в системах АСКОЕ	Ні	Так

Авторська розробка

Таким чином, електронні лічильники є актуальними засобами обліку, саме через зручність експлуатації та технічне оснащення, тобто, можливість фіксувати результати вимірювань, що в подальшому можуть бути виведені на спеціальний пристрій або зчитані з лічильника через вбудовані в нього комунікаційні порти.

Для можливості збору, фіксації та передачі інформації про споживання електроенергії, в структурі АСКОЕ використовуються програмовані контролери. Модуль автоматизованого зчитування даних електроенергії передає дані з лічильників в центр збору та обробки даних за допомогою технології GPRS мереж GSM. Дані з лічильників електроенергії зчитуються через комунікаційні порти RS485 або RS232 [1].

Схема системи збору та обробки даних може бути організована за допомогою широко розповсюдженого контролера типу MCL5.10. Контролер, зазвичай, встановлюється під клемною кришкою корпусу лічильника (якщо є така можливість) або безпосередньо біля пристрою обліку.

До лічильника контролер підключається через роз'єм «X1» (струмова



петля) або «X2» – RS485. Одночасно контролер підтримує до 6 сесій по протоколу GPRS. Залежно від модифікації, контролер може бути забезпечений портом RS485, до якого можна підключити 32 лічильника [1].

При дослідженні планів розвитку системи розподілу ПрАТ «ДТЕК Київські регіональні електромережі» [3] та ПАТ "Черкасиобленерго" [4] на період 2021-2025 років були виділені основні заходи, направлені на зменшення втрат потужності в даних електромережах. Таким чином, в першу чергу, передбачено заміну існуючих індукційних лічильників на більш сучасні прилади обліку.

Починаючи з 2022 року, наступним кроком є встановлення сучасних цифрових приладів обліку, з можливістю дистанційної передачі даних, за допомогою обладнання для збору, а також інтеграція встановлених лічильників в систему автоматизованого збору даних.

З метою прискорення темпів виведення з обігу індукційних лічильників з класом точності 2,5 ПАТ «Черкасиобленерго» планує у 2021 році замінити – 29665 засобів обліку з кл. точності 2,5 на електронно-механічні лічильники з класом точності 1,0 [4]. Всього, в період 2022-2025 років планується замінити 37617 засобів обліку. В мережах ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі» в період 2022-2024 років планується замінити 110520 однофазних індукційних лічильників [3].

Інвестиції в інтелектуальні системи обліку обґрунтовуються очікуваним зниженням експлуатаційних витрат розподілу електроенергії, зокрема, через усунення витрат на зчитування показань приладів обліку, зменшення обсягу розкрадання електроенергії (рисунок 1).

Отже, можна спостерігати зниження витрат в мережах ПрАТ «ДТЕК Київські регіональні мережі» прогнозовані витрати на 2025 рік становлять 14,36%, що на 0,25% менше, в порівнянні з очікуваними витратами на 2024 рік. В мережах ПАТ «Черкасиобленерго» прогнозовані витрати на 2025 рік становлять 13,41%, що на 0,22% менше, в порівнянні з очікуваними витратами на 2024 рік.

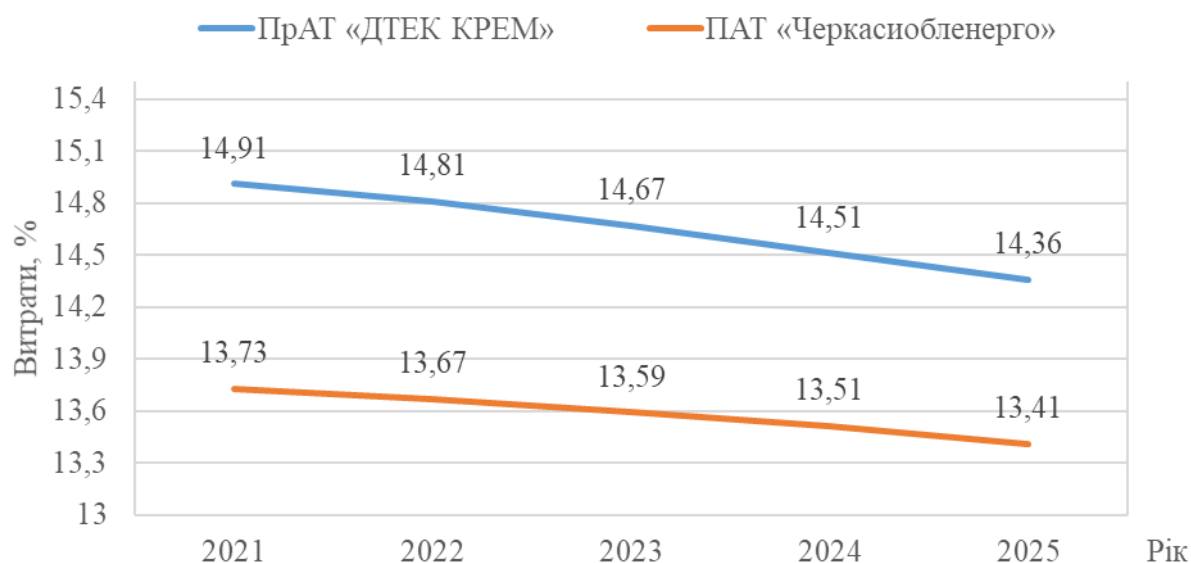


Рисунок 1 - Графік прогнозованих витрат

Авторська розробка



Висновки.

Показано, що, через технічну застарілість обладнання, за допомогою якого виконується фіксація параметрів електричної енергії призводить до модернізації існуючої системи обліку електроенергії та заміна індукційних лічильників на цифрові пристрої обліку. Головним недоліком, індукційних лічильників, в порівнянні з цифровими, є вище зазначена неможливість дистанційної передачі даних.

Лічильники цифрового типу дають можливість влаштування атоматизованої системи обліку електроенергії за допомогою спеціальних контролерів. Показано, що автоматизація обліку електроенергії дозволяє значно знизити показники витрат енергії в мережі.

Література:

1. Контроллер автоматизированного считывания данных MCL 5.10. // ELGAMA SISTEMOS UAB. – 2015.
2. Правила улаштування електроустановок – Київ, 2017. – 617 с. – (Міненерговугілля України).
3. План розвитку системи розподілу ПрАТ «ДТЕК Київські регіональні електромережі» на 2022-2026 роки. – 2021.
4. План розвитку системи розподілу ПАТ "Черкасиобленерго" з 2021 до 2025 років. – 2021.

Abstract. The article considers the issues of relevance of the use of existing means of electricity metering, analyzes the current metering system, explores modern methods of modernization of metering devices. The advantages of using modern digital electricity meters in comparison with the existing induction ones are substantiated, the influence of the integration of the automated metering system on the parameter of electricity losses in the network is analyzed.

Keywords: electricity meters, electricity metering, data transmission facilities, controller, automated metering system.

Науковий керівник: д.т.н., с.н.с. Халіков В.А.

Стаття відправлена: 17.12.2021 р.

© Кривохижа В.П.



УДК 621.311

**STUDY OF THE CONSEQUENCES OF THE COMBINATION OF THE
MARKETS OF THE UNIFIED ENERGY SYSTEM OF UKRAINE AND
BURSHTYN ENERGY ISLAND****ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ПОЄДНАННЯ РИНКІВ ОБ'ЄДНАНОЇ
ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ ТА БУРШТИНСЬКОГО ЕНЕРГООСТРОВА****Yermolenko A.L. / Єрмоленко А.Л.***Student / Студент***Parus Y.V. Парус Є.В.***c.t.s., s.s.e / к.т.н., с.н.с.**National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут**імені Ігоря Сікорського» Київ, Проспект Перемоги, 37, 03056*

Анотація. У статті розглянуто дослідження наслідків синхронізації ОЕС України до європейських енергосистем на ринкову вартість електричної енергії. Проведено експериментальні дослідження, в яких зосереджено увагу на якісній оцінці окремих чинників впливу на ринкову ціну. Досліджено основні способи врахування обмежень пропускної спроможності міждержавних електричних перетинах різних бірж електричної енергії.

Ключові слова: ОЕС України, ринки електричної енергії, РДН, ЕЕ, DAMCA.

Вступ.

Модель вільного ринку в Україні була запроваджена 1 липня 2019 року на виконання [1] у форматі сегментів конкурентної торгівлі електричною енергією та послугами. Впровадження нової моделі ринкових відносин актуалізувало потребу у використанні принципово нових методів та способів аналізу наслідків реалізації управлінських рішень на вартість електричної енергії [2].

У 2022 році ОЕС України працюватиме в ізолюваному режимі для доведення самодостатності енергосистеми із подальшою синхронізацією до енергосистем ENTSO-E. Це відкриває подальші можливості інтеграції українського ринку електричної енергії до ринкових об'єднань європейських країн. Тому важливо заздалегідь оцінити вплив такої інтеграції на процеси ціноутворення сегментів українського ринку електричної енергії. Попередня оцінка такого впливу здійснена імітаційним моделюванням сполучення у сегменті РДН ОЕС України із енергоостровом Бурштинської ТЕС (який працює синхронно із енергосистемами країн Вишеградської четвірки).

Мета роботи полягає у попередній оцінці економічних наслідків сполучення наразі ізолюваних торгових зон енергоострова Бурштинської ТЕС та ОЕС України.

Матеріали та методи.

Імітаційну модель збудовано комп'ютерним програмуванням розробленого в Інституті електродинаміки методу Вирівнювання цін, який дозволяє розширити математичний апарат методу Децентралізованого Сполучення Ринку (Decentralized Market Coupling) на поєднання більше, ніж двох торгових зон із довільною структурою електричних перетинів. Моделювання процесів



ціноутворення у локальних торгових зонах виконано математичним апаратом двостороннього аукціону, який дозволяє враховувати розповсюджені на ринках електроенергії(ЕЕ) різні типи цінових заявок. Обмін електроенергією між торговими зонами моделюється використанням математичного апарату функції чистого експорту.

Опис методу. Задачі обліку мережевих обмежень на ринку електроенергії вирішуються шляхом сполучення двох окремих ринків використовуючи Decentralised Market Coupling (DMC). Метод розроблявся під егідою EuroPex як спосіб організації управління переобтяженням. Перша версія методу під назвою «Децентралізоване сполучення ринків» була представлена в 2003 році [3]. Розширення методу для трьох торгових зон було впроваджене для реалізації механізмів обміну електричною енергією між диспетчерськими районами Бельгії, Франції та Нідерландах у 2006 році. Однак, метод враховував структуру електричних зв'язків між поєднуваними ринками безпосередньо в самому алгоритмі, що обмежило можливості щодо розповсюдження методу на інші ринки електроенергії.

Постановка задачі вирівнювання цін.

В Інституті електродинаміки НАН України розроблено метод вирівнювання цін. Метод вирівнювання цін позиціонується як альтернатива FB MC, яка може застосовуватись в PCR у вигляді окремої задачі розрахунку потоків між об'єднуваними ринками електроенергії (чи окремими ціновими областями в межах одного ринку електроенергії) [4]. За основу метода взято концепцію розрахунку значень струмів в гілках електричної схеми. На відміну від такого розрахунку, де значення струму обчислюється виходячи з закону Ома, метод вирівнювальних потоків визначає потік електроенергії, який слід реалізувати для вирівнювання цін в двох об'єднаних ринках електроенергії.

Розроблений метод реалізовано у комплексного моделювання конкурентних сегментів ринку електроенергії [5]. Імітаційна модель враховує особливості означених у [6,7] правил ціноутворення. Основні складові Імітаційної моделі як комплексної розрахункової системи [8] в частині моделювання ринку «на добу наперед» відображені на (рисунок 1). Стрілками на рисунку показано напрямки взаємодії між програмними складовими Імітаційної моделі.



Рисунок 1 – Складові Імітаційної моделі DAMSA

Процес імітаційного моделювання торгів у сегменті ринку «на добу наперед» реалізовано виконанням наступних основних етапів:

- 1) побудова погодинних функцій попиту та пропозиції;



- 2) імітаційне моделювання погодинних аукціонів;
- 3) узагальнення та відображення результатів.

Результати експериментальних досліджень моделювання ринку РДН Бурштинської ТЕС та ОЕС України.

Для імітаційного моделювання вибрано статистичну інформацію про результати торгів на РДН у торгових зонах енергоострова Бурштинської ТЕС та ОЕС України за 11.09.2021 року, оприлюднені на офіційному сайті ДП НЕК «Укренерго». У 2021 році в сегменті РДН України граничні ціни у торговій зоні ОЕС України зазвичай вищі, ніж у торговій зоні енергоострова Бурштинської ТЕС. Це зумовлено різними рівнями обмежень на ціни, встановленими для цих торгових зон.

У торговій зоні ОЕС України сполучення не призвело до суттєвих змін граничних цін (рисунок 2). В наслідок сполучення обсяги задоволеного попиту протягом доби у цій торговій зоні збільшилися на 3612,6 МВт·год, тобто на 5,12%. При цьому вартість електроенергії зросла на 2,07% не зважаючи на те, що торгова зона переважно імпортувала електроенергії з енергоострова Бурштинської ТЕС.

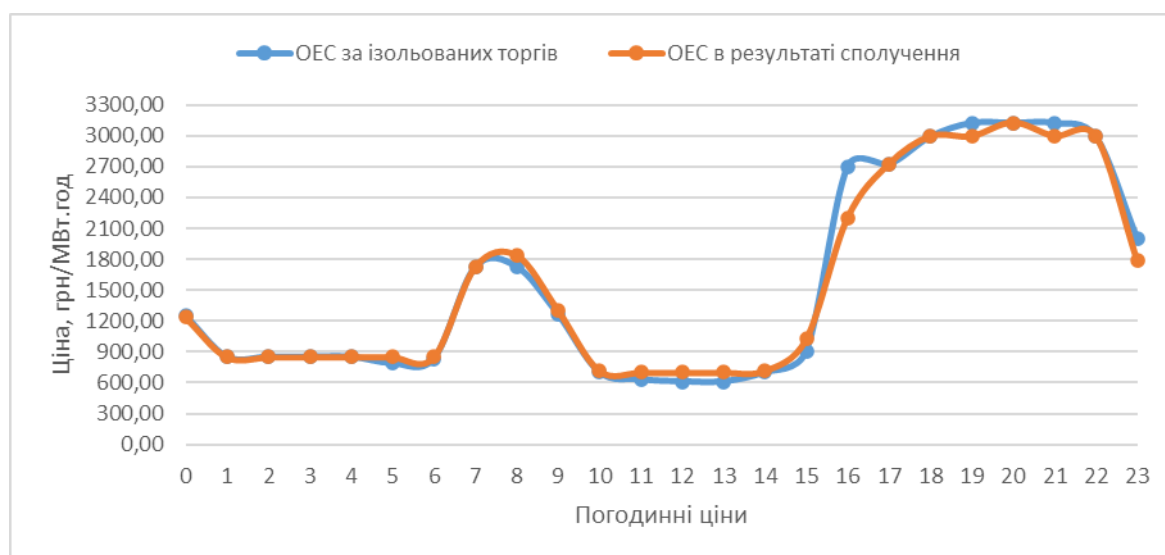


Рисунок 2 – Графіки погодинної вартості е/е в ОЕС за ізолюваних торгів та в результаті сполучення

У торговій зоні енергоострова Бурштинської ТЕС в наслідок сполучення обсяги задоволеного попиту протягом доби зменшилися на 3787,9 МВт·год, тобто на 41,72%. При цьому вартість електроенергії (рисунок 3) зменшилася на 42,3% не зважаючи на те, що торгова зона переважно експортувала електроенергію до торгової зони ОЕС України.

Висновки.

Такі протиріччя у наслідках сполучення ОЕС України та енергоострова Бурштинської ТЕС свідчать про потребу у ґрунтовному аналізі потенційних економічних наслідків синхронізації ОЕС України до енергосистем ENTSO-E та організації обміну е/е між цією торговою зоною та енергоостровом Бурштинської ТЕС.

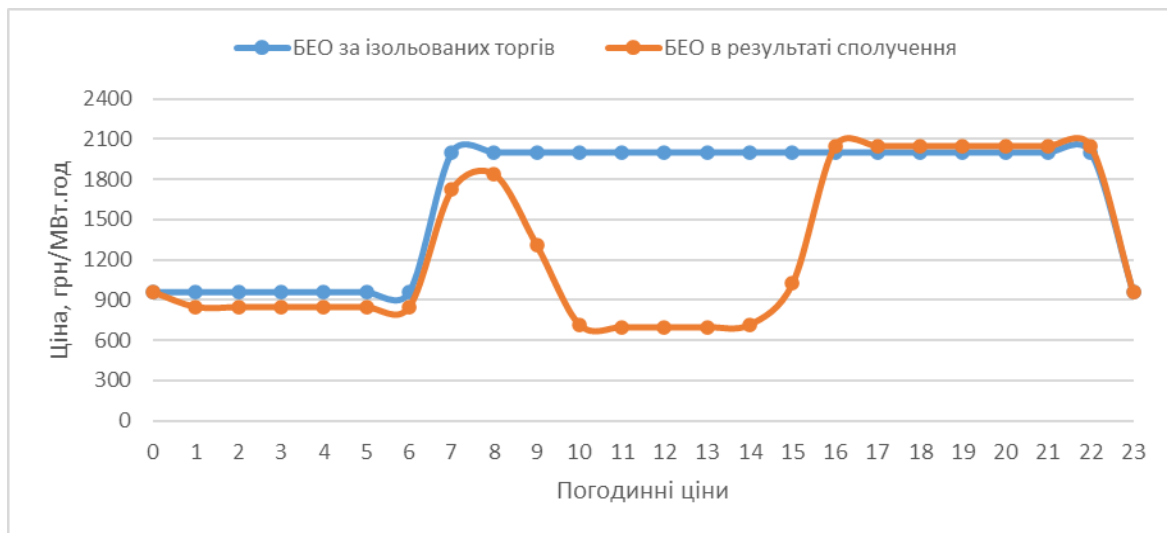


Рисунок 3 – Графіки погодинної вартості електроенергії енергоострова Бурштинської ТЕС за ізолюваних торгів та в результаті сполучення.

Література:

1. Про ринок електричної енергії: Закон України № 2019-VIII від 13.04.2017.
2. Блінов І.В. Проблеми функціонування та розвитку ринку електричної енергії України. (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 3 лютого 2021 р.). Вісник НАН України. 2021. № 3. С. 20-28. doi: <https://doi.org/10.15407/vism2021.03.020>.
3. Using Implicit Auctions to Manage Cross-Border Congestion: 'Decentralised Market Coupling'. Paper by EuroPEX, Tenth Meeting of the European Electricity Regulatory Forum, 8 July 2003. http://www.energy-exchanges.eu/public/20030708-rm-europex_forum_paper.pdf.
4. Блінов І.В., Парус Є.В. Особливості використання функцій чистого експорту при врахуванні мережових обмежень на ринку «на добу наперед» // Техн. електродинаміка – 2015. – №6 – С.63-68. ISSN 1607-7970. E-ISSN 2218-1903.
5. Іванов Г.А., Блінов І.В., Парус Є.В. Комплексна розрахункова модель ринку на добу наперед та балансуєчого ринку електроенергії України // Промелектро. 2016. № 4-5. С. 8–12.
6. Постанова НКРЕ КП №307 від 14.03.2018 «Про затвердження Правил ринку».
7. Постанова НКРЕ КП №308 від 14.03.2018 «Про затвердження правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку» .
8. Ivanov H., Blinov I., Parus Ye. Simulation Model of New Electricity Market in Ukraine// 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). 2019. P. 339-342. DOI: <https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764184>

Abstract. The article considers the study of the consequences of the synchronization of the UES of Ukraine to European energy systems on the market value of electricity. Experimental studies have been conducted, which focus on the qualitative assessment of individual factors influencing the market price. The main ways of taking into account the limitations of the capacity of interstate electric intersections of different electricity exchanges are investigated.



Keywords: *UES of Ukraine, electricity markets, RDN, EE, DAMCA.*

Науковий керівник: *к.т.н., с.н.с. Парус Є.В.*

Стаття відправлена: 17.12.2021 р.

© Єрмоленко А.Л.



УДК 621.311

ISSUES OF USING MIXED TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE CONFIGURATION OF SUBSTATION SCHEMES TAKING INTO ACCOUNT FUTURE CONNECTIONS OF RES OBJECTS

ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ У КОНФІГУРАЦІЯХ СХЕМ ПІДСТАНЦІЙ З УРАХУВАННЯМ МАЙБУТНІХ ПІДКЛЮЧЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ВДЕ

Rep'yev O.I./ Реп'єв О.І.

master / магістр

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського», м Київ, просп. Перемоги, 37, 03056

Анотація. Використання змішаних технологічних рішень має наступні переваги: зменшення загальної площі розподільчих установок підстанцій, зменшення загальної кількості комутаційного обладнання, зменшення операційних затрат для підстанцій, можливість використання схем без обхідної системи шин для класів напруг 110 кВ та вище. В багатьох енергосистемах країн Європи визнано доцільним використовувати змішані технологічні рішення замість класичного обладнання та схем РП прийнятих для використання ще в минулому столітті.

Стаття присвячена аналізу використання змішаних технологічних рішень з урахуванням майбутніх підключень об'єктів ВДЕ. В статті представлено стислий аналіз РП типів AIS, GIS, MTS та основні засади для приєднання об'єктів ВДЕ до підстанцій з РП типу MTS

Ключові слова: AIS; GIS; MTS; розподільчий пристрій; ВДЕ;

Вступ

Зміни в конструкції високовольтних пристроїв та нових компонентів розподільчих пристроїв, що використовують різні принципи проектування з більш високою надійністю або інтегрованими функціями, означають, що надійні та ефективні схеми, що застосовувалися в минулому, можуть виявитися непотрібними та призвести до обтяжливих вимог щодо вартості життєвого циклу для комунальних служб.

Мета роботи Мета дослідження , оцінити перспективи впровадження MTS, провести аналіз основних вимог для впровадження MTS. Провести аналіз відмінностей MTS від аналогових варіантів комплектації ПС. Провести аналіз приєднань об'єктів ВДЕ до підстанцій до РП підстанцій з використанням MTS.

Матеріали та дослідження Розподільні пристрої з повітряною ізоляцією (AIS) та інше високовольтне обладнання, в якому ізоляція на землю і між фазними провідниками забезпечується в основному повітрям при атмосферному тиску і де деякі струмопровідні частини не закриті (з ІЕС 6050-605-02-13). Металеві закриті розподільні пристрої з елегазовою ізоляцією (GIS) та інше високовольтне обладнання, в якому ізоляція принаймні частково забезпечується ізоляційним газом, відмінним від повітря при атмосферному тиску (з ІЕС 62271-203, 3.102). Цей газ зазвичай є SF6 або суміш SF6 з іншими газами, наприклад, азотом, хоча в даний час оцінюються і інші типи газів.



Розподільні пристрої змішаної технології (MTS)

Обладнання, яке було розроблено з AIS або GIS в одній із наступних комбінацій:

1. AIS у компактному та/або комбінованому виконанні;
2. GIS у комбінованому виконанні;
3. розподільні пристрої з гібридною ізоляцією, у яких відсіки виконані із суміші компонентів технологій AIS та GIS.

Основні вимоги

Підстанція повинна виконувати певну функцію мережі з урахуванням параметрів, визначених системними дослідженнями та економічними аспектами. Існує три основні вимоги, які мають бути проаналізовані та оцінені у процесі вибору:

1. безпека послуг;
2. доступність під час технічного обслуговування;
3. експлуатаційна гнучкість.

Пошук та вибір оптимізованої схеми для конкретної вимоги, необхідно проаналізувати, оцінити, визначити та визначити додаткові необхідні питання індивідуально, такі як:

1. вплив достовірних і допустимих ситуацій (наприклад, втрата всієї підстанції).
2. застосування стандартів продуктивності різних комунальних служб;
3. експлуатаційні питання та процедури технічного обслуговування;
4. філософія управління та захисту;
5. аналіз витрат та вигод.

Причини використання MTS. Перевага MTS полягає в компактності та поєднанні кількох функцій. Це дозволяє створити рішення невеликого розміру і при цьому значно дешевше, ніж GIS. Це може бути використано там, де вартість землі помірна, а забруднення навколишнього середовища не є серйозною проблемою, щоб забезпечити компактне та економічно ефективне рішення для нових підстанцій. Однак вона також дуже ефективно використовується для розширення існуючих AIS підстанцій, де простір дуже обмежений без необхідності придбання додаткової землі.

Аналіз РП типів AIS, GIS, MTS

Сьогоднішні класичні типи конфігурацій схем підстанцій були розроблені, коли всі підстанції були типу AIS, а характеристики високовольтного обладнання значно відрізнялися від сучасних. Колись вимикачі були компонентом з найвищими вимогами до обслуговування, і роз'єднувачі були необхідні для того, щоб уможливити обслуговування вимикачів із найменшим порушенням сусідніх кіл.

Наприкінці 60-х - початку 70-х почали з'являтися рішення GIS, які давали рішення з первинними контактами роз'єднувачів, укладеними у газ SF₆, захищений від зовнішнього забруднення, що знижувало частоту обслуговування (Р), особливо у забруднених районах. Іншим аспектом впровадження GIS є проблема поділу газових відсіків, що створює залежність між компонентами, якої не було у рішеннях AIS. Однак конфігурації підстанцій



не були змінені впровадженням GIS, і традиційні класичні конфігурації схем підстанцій, що використовуються для AIS, були більш-менш скопійовані рішеннями GIS.

У зв'язку зі зниженням вимог до технічного обслуговування вимикачів наприкінці 90-х почали з'являтися нові комутаційні рішення, звані змішані технологічні рішення (MTS). Основна ідея цих рішень полягала в інтеграції та поєднанні функцій відключення струму та ізоляції/роз'єднання в одному модулі (комутаційному апараті). Першими рішеннями були вимикачі AIS із вбудованою функцією відключення на відкритому повітрі, яка досягалася за рахунок того, що весь вимикач рухався якимось чином, наприклад, обертася або здійснював лінійний рух.

Потім були інші рішення на основі змішаних технологій, які перенесли функцію відключення в газ SF₆ і захистили контакти і рухомі частини від зовнішнього забруднення. Гібридний тип модуля, що походить від технології GIS/Dead tank CB і поєднує функцію розмикання та роз'єднання з окремими контактами, один контакт для розмикання та один контакт для роз'єднання, розташованими в тому ж чи суміжному газовому відсіку, див. малюнок 1, і мають SF₆-повітряні втулки з обох боків модуля. У стандартну комплектацію цих типів модулів входять функції заземлення та вимірювання струму. Можлива також інтеграція іншого обладнання, наприклад, функцій вимірювання напруги, швидкодіючих заземлювачів. Іншим типом змішаного технологічного рішення є розмикаючий вимикач (DCB), який використовує технологію Live Tank CB та поєднує функції розмикання та відключення в одному контакті, див. малюнок 1. Коли цей модуль повинен використовуватися як роз'єднувач, DCB спочатку розмикається так, як і традиційний CB. Потім приводиться в дію окремий пристрій керування, який механічно фіксує DCB у відкритому положенні, щоб DCB залишався відкритим при використанні як роз'єднувач. З погляду експлуатації це той самий принцип, що і для традиційного типу розподільних пристроїв, за винятком того, що замість відкриття традиційних роз'єднувачів вони приводять у дію механічне блокування DCB

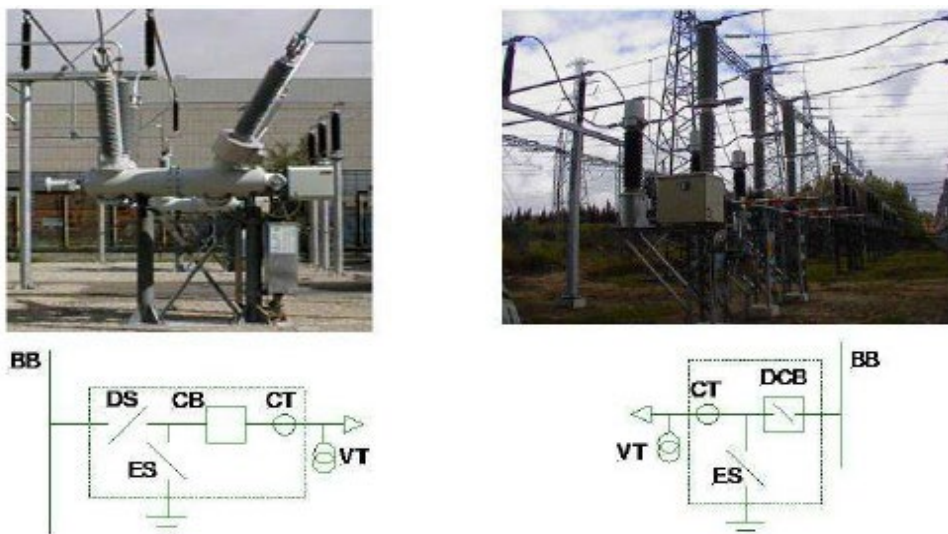


Рис. 1 - Гібридний модуль (ліворуч), від'єднання модуля CB (праворуч).



Метою гібридних рішень і рішень DCB є надання повного комутаційного модуля з функцією відключення для обслуговування прилеглих ланцюгів, наприклад, повітряних ліній, силових трансформаторів і т.д. щоб ізолювати модуль, що обслуговується. Таким чином, функціональність гібридних та DCB рішень знижується порівняно з традиційними концепціями, де для функцій роз'єднання та відключення використовується окреме обладнання. Ця альтернативна функціональність вплине на доступ до сусіднього обладнання для проведення ремонтних робіт або технічного обслуговування основного обладнання, і цю процедуру необхідно враховувати під час вибору конфігурації схеми підстанції. Однак запланована періодичність таких робіт набагато нижча, як правило, 15-20 років.

Ключовий момент, який слід відзначити щодо MTS та гібридного обладнання, полягає в тому, що підхід до обслуговування та заміни має розглядатися по-іншому. Ці пристрої можуть допомогти створити дуже гнучку та доступну підстанцію, однак це має бути доповнено стратегією швидкої заміни при відмові та техобслуговуванні. При ремонті та технічному обслуговуванні слід використовувати запасні модулі для заміни та виконання робіт в автономному режимі.

Аналіз приєднань об'єктів ВДЕ до підстанцій до РП підстанцій з використанням MTS

На сьогоднішній день стан загальний стан підстанцій різних класів напруг та ліній електропередавання можна вважати не задовільним через наступні чинники:

- використання застарілого обладнання (трансформатори, вимикачі, роз'єднувачі, трансформатори струми та напруги, ВДКЗ);
- експлуатація підстанцій за ненормативними схемами РУ різних класів напруги;
- використання обладнання, до якого вже не випускаються запчастини, або даний тип обладнання більше не виготовляється заводом-виробником.

Використання MTS у розподільчих пристроях підстанцій допоможуть вирішити багато складних проблем зв'язаних з експлуатацією ПС:

- відсутність землі для розширення підстанцій;
- велика площа стандартних комірок для лінійних приєднань;
- велика кількість необхідного обладнання для нормального режиму роботи підстанції;
- велика кількість капітальних ремонтів та сеансів обслуговування основного обладнання;
- важкість процесу ремонту елементів розподільчого пристрою (устаткування);
- висока ціна для переведення класичної підстанції в розряд цифрових.

Обладнання MTS(гібридне обладнання) дає змогу зменшити габарити лінійної комірки приєднання в 2-10 разів. Гібридний модуль складається з: вимикача, роз'єднувача, заземлюючого ножа, трансформатора струму та



трансформатора напруги. При необхідності, склад обладнання модулю може бути змінено. За допомогою подібних модулів можлива відмова від обхідної системи шин, що несе за собою можливість збільшити кількість вільного простору на підстанції.

При виконанні підстанції з використанням подібного обладнання стає можливим переведення ПС в розряд цифрових. Такий тип підстанцій оснащений всім необхідним обладнанням, для уникнення людського фактору та автоматизованої роботи. Лише декількох спеціалістів персоналу буде достатньо для обслуговування подібної підстанції.

При будівництві нових станцій з використанням ВДЕ необхідна оцінка району спорудження даного об'єкту. Необхідно знати: тип ліній та марки проводів, довжини, пропускну спроможність ліній, наявність резервних комірок в розподільчому пристрої підстанції чи місце для їх влаштування. Частіше за все, пропускна спроможність ліній виявляється нижчою в порівнянні з потужністю видачі об'єкту ВДЕ, відсутні резервні комірки чи місце для їх влаштування.

Будівництво або реконструкція підстанцій з використанням модульних технологій дозволяють вирішити питання відсутності площі для розширення розподільчого пристрою або відсутності резервної комірки.

Висновки

Поліпшення властивостей високовольтного обладнання також передбачає, що з модернізації підстанції 40-річної давності може знадобитися оптимізація конфігурації підстанційного ланцюга максимального використання "нових" властивостей високовольтного устаткування. Заміна обладнання за принципом "як у всіх" не завжди може бути гарною ідеєю, оскільки властивості обладнання змінилися з моменту будівництва старої підстанції близько 40 років тому. з урахуванням характеристик устаткування на той час.

Зміни (розвиток) у рішеннях щодо конфігурації схем підстанцій є скоріше "ступінчастим", порівняно з "поступовим" розвитком апаратури. Розробка апаратів - це безперервний процес, який здійснюється виробниками, що означає, що властивості апаратів поступово змінюються з часом. Коли властивості апарата змінилися до певної міри, це слід враховувати під час виборів конфігурації схеми. Зміна конфігурації схеми дуже специфічна для роботи утиліти і зазвичай включає ступінчасту зміну, коли властивості використовуваного апарату змінилися певною мірою. Це дозволить конфігурації схеми використовувати переваги покращених властивостей апарата.

Використання змішаних технологічних рішень дозволить спростити підключення об'єктів ВДЕ до підстанцій різних класів напруги, збільшити надійність схем розподільчих пристроїв, знизити витрати на обслуговування та ремонти, збільшити кількість приєднань без відведення додаткової землі, що є ключовим фактором для підстанцій, що розташовані міській місцевості.

Література

1. Circuit Configuration Optimization. Joint Working Group B3/C1/C2, 2014, pp. 7-8;



2. International Council on Large Electric Systems (CIGRE) Study Committee B3: Substations(2014), pp. 17-18;

3. CIGRE B3-20 - "Evaluation of different technologies (AIS, GIS, MTS) for rated voltages of 52 kV and above", November 2008; pp. 12-13.

4. Баженов В.А. Модели оптимального развития энергосистем: учеб.пособ. /В.А. Баженов. –К.:КПИ,1984. – 100с.

Abstract. *The use of mixed technology solutions has the following benefits: Reduction of the total area of substation switchgear, reduction of the total number of switching equipment, reduction of operating costs for the substation, the possibility of using schemes without a bypass busbar system for voltage classes of 110 kV and higher. Many power systems in European countries have found it viable to use mixed technology solutions instead of the classic equipment and the circuit boards adopted for use in the last century.*

The article is devoted to analysis of application of mixed technological solutions taking into account future connections of RES objects. The article contains a thorough analysis of RP type AIS, GIS, MTS and basic principles for connection of RES objects to SG with MTS

Key words: AIS; GIS; MTS; switchgear; RES;

Стаття відправлена: 18.12.2021 р.

© Реп'єв О.І.



УДК 621.311

CREATING A FUZZY LOGIC CONTROLLER TO CONTROL THE POWER OF COMBINED POWER SYSTEMS**СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ КОМБІНОВАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ****Bohomolova O.S. / Богомолова О.С.***Ph D / к.т.н.*

ORCID: 0000-0001-5249-4565

Melnyk D.O. / Мельник Д.О.*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",**Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут**імені Ігоря Сікорського», Київ, просп. Перемоги, 37, 03056*

Анотація. Оскільки існуючі системи автоматичного керування обмежують потужність джерел відновлювальної енергії, внаслідок спрацювання уставки по усталеному відхиленню напруги у споживача. В роботі запропоновано удосконалення системи автоматичного керування потужністю комбінованої електроенергетичної системи, шляхом створення нечіткого логічного контролера. До складу даного контролера входить інформація щодо сонячної інсоляції, швидкості вітру, частоти обертання біомаси та графік навантаження споживачів. На виході отримуємо значення потужності для кожної з електростанцій, що входять до складу комбінованої мережі, з урахування відхилення напруги на шинах у споживача.

Ключові слова: комбінована електроенергетична система, сонячна електростанція, вітрова електростанція, біогазова електростанція, нечіткий логічний контролер.

Вступ.

Темпи розвитку відновлювальних джерел енергетики (ВДЕ) в Україні характеризується надшвидким збільшенням їх потужності у складі об'єднаної енергосистеми України. Згідно Енергетичної стратегії розвитку України до 2035 року, частка ВДЕ в енергобалансі України досягне 13%, однак станом на 01.12.2021 встановлена потужність ВДЕ вже складає 13,8% [1].

З огляду на кліматичні показники та державну підтримку у розвитку ВДЕ, найбільшого розповсюдження набули сонячні електростанції (СЕС) та вітрові електростанції (ВЕС). Зниження плати за спожиту електроенергію та її продаж за «зеленим» тарифом, що значно скорочує термін окупності, зробили біогазові електростанції (БГЕ) привабливими для підприємств агропромислового комплексу. Створення (гібридної) комбінованої електроенергетичної системи (КЕЕС), до складу яких входять СЕС, ВЕС та БГЕ дозволяє знизити стохастичність генерації цих джерел енергії та генерування потужності споживачу з дотриманням нормально допустимого значення відхилення напруги в точці приєднання [2].

Однак, існуючі системи автоматичного керування (САК) потужністю генерації ВДЕ, обмежують значення генерації активної потужності в залежності від встановленого значення уставки по напрузі. Як наслідок, зниження рівня генерації призводить до фінансових збитків власника станцій. Тому постає актуальна задача удосконалення існуючих САК установок з ВДЕ для



підтримання максимально можливого значення потужності генерації при умові знаходження усталеного відхилення напруги в тоці приєднання у нормованому діапазоні.

Виконавши аналіз літератури щодо засобів автоматизації керування режимом СЕС, ВЕС та БГЕ встановлено, що найбільш поширеним підходом до розв'язання проблеми з підвищенням рівня усталеного відхилення напруги в режимі генерації КЕЕС є лімітування рівня генерації електричної потужності в мережу [3]. Метою роботи є розробка системи керування, з максимальною потужністю генерації при дотриманні відхилення напруги у споживача в нормованих значеннях.

Комп'ютерна імітаційна модель САК генерації комбінованої електроенергетичної системи.

На рис.1 наведено структурну модель, що побудована за допомогою комп'ютерної імітаційної моделі у програмному забезпеченні Matlab-Simulink. До складу моделі входять наступні блоки: напруга системи («Voltage Uc»); графік навантаження споживачів («LoadSn»); робота джерел ВДЕ у складі КЕЕС («VDE»); режим роботи PEM («PEM»); регулятор визначення вектору керування потужністю ВДЕ («Controller opt_power»); розрахунок електричної енергії, що згенеровано («Wh_gen_meter»); розрахунок відхилення та діючого значення напруги у споживача («V_calc», «RMS»).

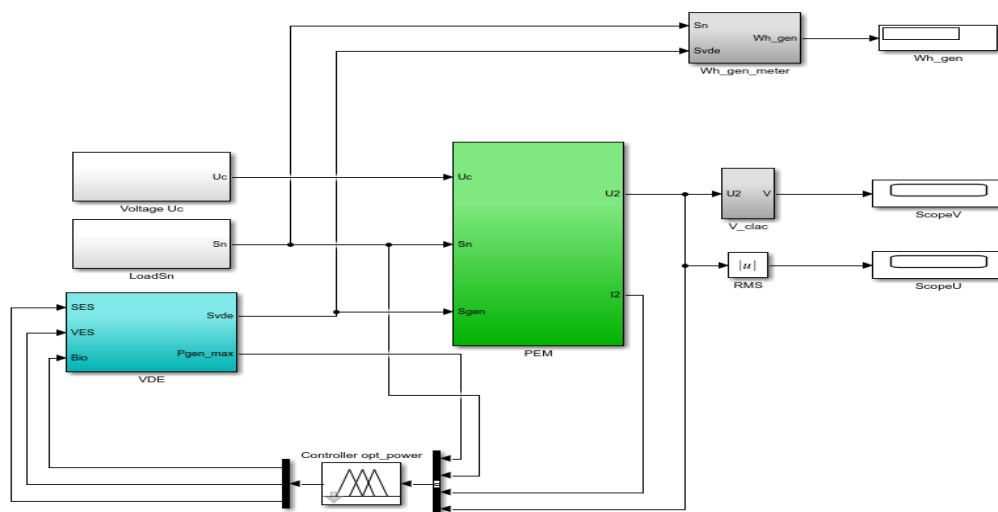


Рисунок 1 – Узагальнена комп'ютерна імітаційна модель САК генерацією активної потужності ВДЕ в КЕЕС для Matlab Simulink

Модель блоку автоматичного керування генерацією активної потужності ВДЕ в КЕЕС створена на основі нечіткого логічного контролера (НЛК). Для побудови бази знань нечіткого логічного контролера побудовано залежності максимальної добової інсоляції протягом року (рис. 2а), зміни швидкості вітру протягом року (рис. 2б), зміна об'єму біогазові установки в залежності від частоти обертання перемішувача (рис. 3а), а також типовий графік навантаження споживача (рис. 3б).

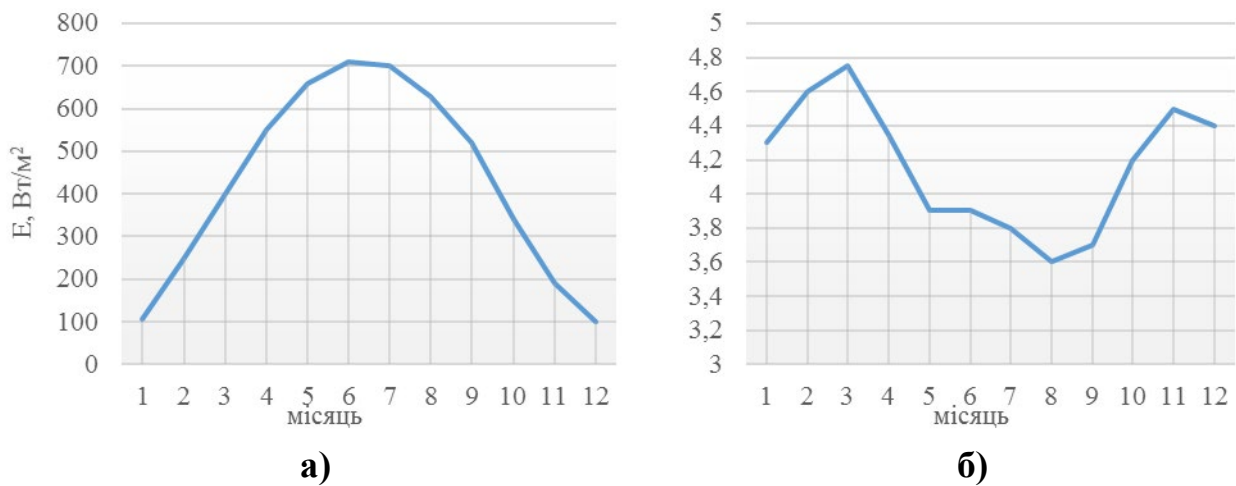


Рисунок 2 – Залежність: а) середньомісячної інсоляції протягом року; б) середньомісячної швидкості вітру протягом року

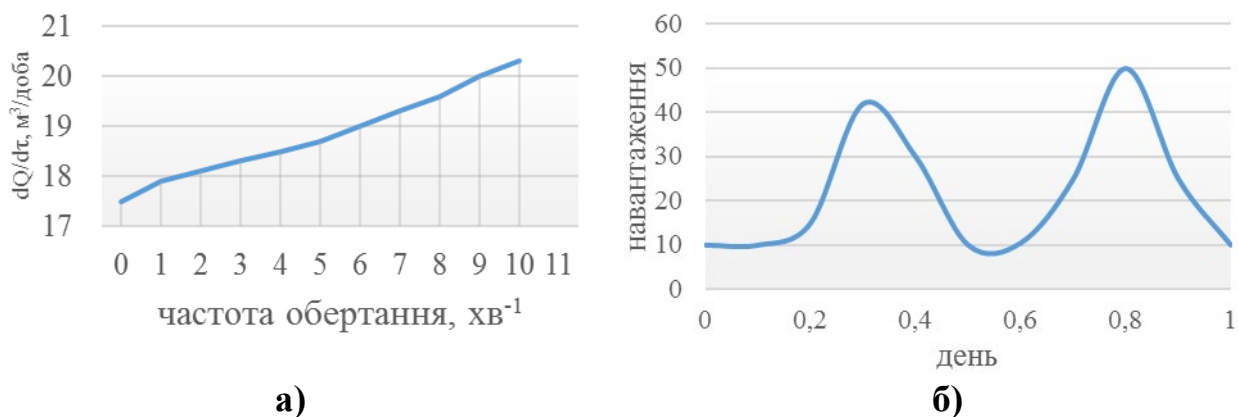


Рисунок 3 – Залежність: а) виходу біогазу від частоти обертання перемішувача; б) добовий графік навантаження споживача

Мнемонічне представлення розробленої моделі зображено на рис.3. На вхід НЛК будуть надходити 4 параметри: значення добової інсоляції та швидкості вітру протягом року, зміна частоти обертання перемішувача, графік навантаження споживача. Вихідними параметрами НЛК будуть значення потужності СЕС, ВЕС та БГЕ (рис. 4-6).

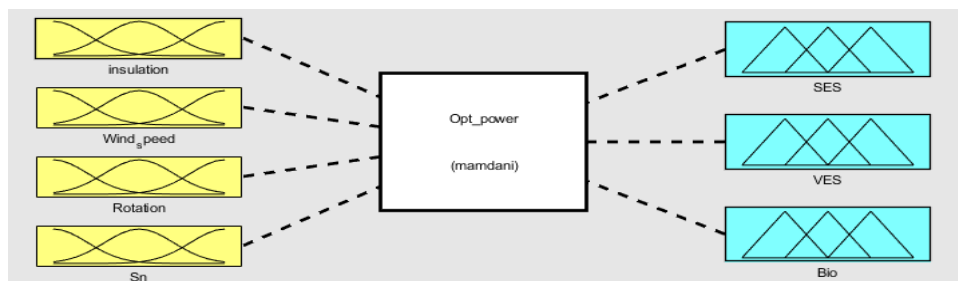
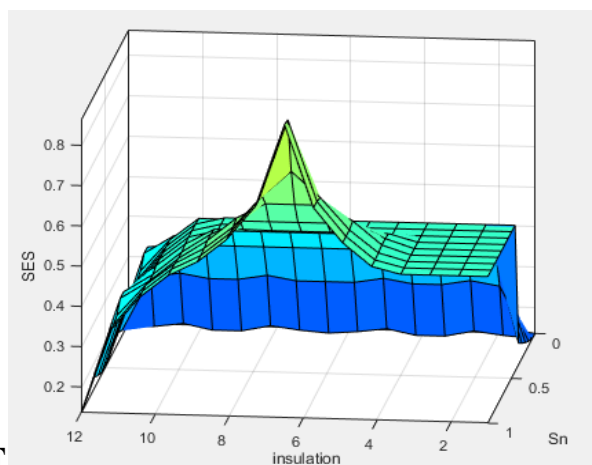


Рисунок 3 – Мнемонічне представлення моделі визначення потужності

Тестування нечіткого логічного контролера показало адекватність запропонованої моделі прийняття рішень на основі нечітких продукційних правил в умовах постійної зміни в часі метеорологічних параметрів та навантаження споживача.



ВДЕ

Рисунок 4 – Поверхня відгуку потужності СЕС в залежності від навантаження та інсоляції

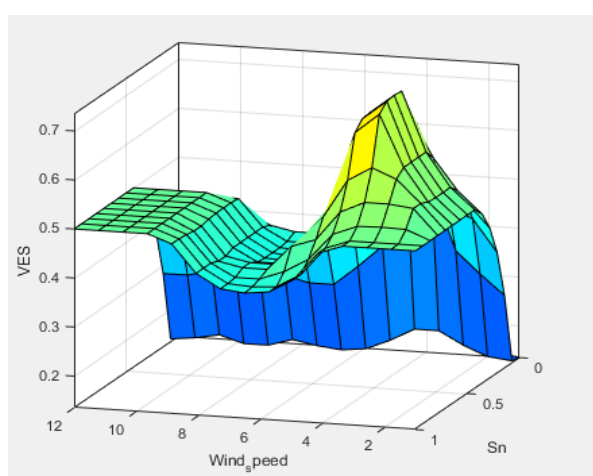


Рисунок 5 – Поверхня відгуку потужності ВЕС в залежності від навантаження та інсоляції

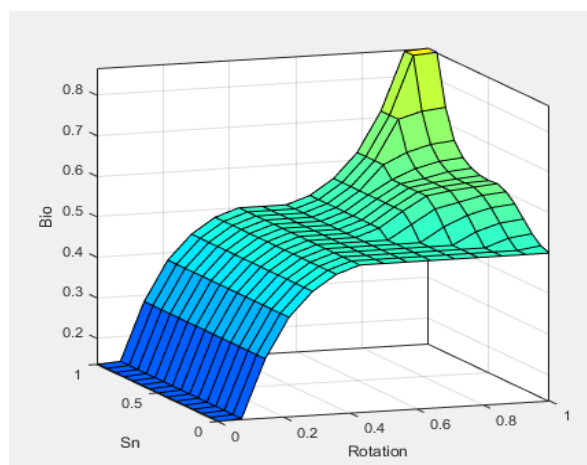


Рисунок 6 – Поверхня відгуку потужності БГЕ в залежності від навантаження та інсоляції

Заключення та висновки.

З результатів моделювання встановлено, що у випадку застосування системи керування потужністю генерації на основі створеного НЛК, усталене значення відхилення напруги знаходиться у допустимому діапазоні. В той же



час без застосування системи керування потужністю генерації, тобто взагалі без обмежень, відхилення напруги на шинах споживача виходить за допустиме значення $\pm 5\%$.

Представлений метод прийняття рішень при керуванні комбінованою електромережою підключається до системи автоматичного керування і має на меті ефективно генерувати потужність від різних джерел енергії.

Запропоновано модель прийняття рішень щодо оптимальної потужності генерації джерел ВДЕ у складі КЕЕМ на основі системи нечітких правил з можливістю оновлення вхідних параметрів, щодо метеорологічних умов та параметрів мережі.

На основі отриманих результатів апробації моделі автоматичного керування потужністю генерації джерел ВДЕ у складі КЕЕМ дозволяє підвищити активну потужність генерації при дотриманні відхилень напруги у споживача у нормованому діапазоні.

Література:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf>

2. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими [Базюк Т.М., Блінов І.В., Буткевич О.Ф., Гончаренко І.С., Денисюк С.П., Жуйков В.Я., Кириленко О.В., Лук'яненко Л.М., Миколаєць Д.А., Осипенко К.С., Павловський В.В., Рибіна О.Б., Стелюк А.О., Танкевич С.Є., Трач І.В.]; за заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с.

3. Солдатенко В.П. Система автоматичного керування роботою комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Вип. 187 13 Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ, 2017.

Abstract. Existing systems of automatic control (SAC) of power generation of renewable energy sources, limit the values of active power generation depending on the set value of the voltage setpoint. As a result, lower generation leads to financial losses for the station owner. Therefore, there is an urgent task to improve the existing SAC installations with renewable energy sources to maintain the maximum possible value of the generation power, provided that the steady voltage deviation in the connection current in the normalized range. The article presents a structural model built using a computer simulation model in Matlab-Simulink software.

The model of the unit for automatic control of active power generation of renewable energy sources in the combined power system is based on fuzzy logic controller (FLC). To build the knowledge base of the fuzzy logic controller used the dependences of the maximum daily insolation during the year, wind speed changes during the year, changes in the volume of biogas plants depending on the speed of stirring, and also a typical schedule of consumer load.

From the simulation results it is established that in the case of using the power generation control system based on the created FLC, the set value of voltage deviation is in the allowable range. At the same time, without the use of the power generation control system, the voltage deviation on the consumer bus is beyond the allowable value of $\pm 5\%$.



The presented method of decision-making when controlling the combined power grid is connected to the automatic control system and aims to efficiently generate power from disparate energy sources.

Key words: *combined power system, solar power plant, wind power plant, biogas power plant, fuzzy logic controller.*

Стаття відправлена 20.12.2021 р.

© Мельник Д.О.



УДК 621.311

**SIMULATION OF HYBRID POWER PLANT
МОДЕЛЮВАННЯ ГІБРИДНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ****Bohomolova O.S. / Богомолова О.С.***Ph D / к.т.н.*

ORCID: 0000-0001-5249-4565

Pershko M.V. / Першко М.В.*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ, просп. Перемоги, 37, 03056*

Анотація. З аналізу добових графіків генерації сонячних електростанцій та навантаження споживачів України встановлено, що абсолютний максимум ОЕС України знаходиться за межами світлового дня, а максимум генерації СЕС припадає в період з 13 до 14 години дня. Ця обставина спонукає до введення додаткових маневрених потужностей задля покриття раптового дефіциту потужності. Застосування потужних накопичувачів енергії, зокрема акумуляторних батарей, допоможе у вирішенні стохастичної генерації та покращить режими роботи електричної мережі. Розроблена імітаційна модель сонячної електростанції з акумуляторною батареєю забезпечує безперебійне електроживлення споживача і придатна для дослідження режимів роботи для реальних умов експлуатації. Результати моделювання дозволяють обрати раціональний режим експлуатації електростанції, з урахуванням необхідної потужності резерву у вигляді акумуляторної батареї.

Ключові слова: сонячна електростанція, акумуляторна батарея, режим мережі, графік навантаження, імітаційна модель, MatLab.

Вступ.

Стабільний швидкий розвиток сонячної енергії в Україні пов'язаний не лише з відповідними кліматичними умовами та державною підтримкою, а також можливість застосування електроенергії від сонячних станцій від дуже маленьких житлових систем до дуже великих комунальних установок, від індивідуальних установок до інтегрованих в будівлю рішень, багатоквартирних будинках або сільськогосподарських теплицях. Існують також мобільні установки та автономні системи для електрифікації сільської місцевості. І нарешті, жодну іншу електростанцію не можна спланувати та побудувати так швидко, як сонячні фотоелементи, водночас із найвищою інтенсивністю роботи.

Однак, з точки зору параметрів мережі та режимів роботи існують суттєві недоліки та проблеми, адже існує тісна залежність потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних. Дану проблему доцільно ліквідувати шляхом будівництва гібридних електростанцій, яка поєднує в собі функціонал переваг роботи автономної та мережевої СЕС (рис.1) [1]. Вдень енергія сонячної станції використовується для покриття власного навантаження з одночасним накопиченням надлишків генерації в акумуляторних батареях (АБ). При зменшенні генерації (настання вечора, похмурий день) недостача електроенергії компенсується за рахунок накопиченого в акумуляторних



батареях обсягу енергії, а при їх повному розряді – від загальної електромережі або іншого джерела зовнішнього електропостачання (дизельний генератор тощо).

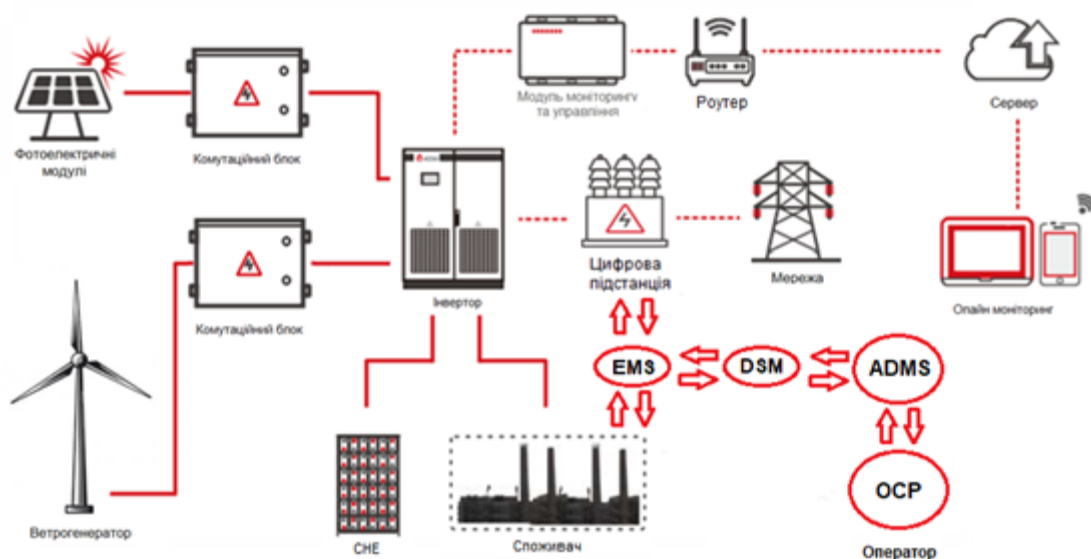


Рисунок 1 – Блок-схема гібридної ГЕС

Графік генерації ГЕС та їх відхилення від прогнозованих.

Для ГЕС провести якісне прогнозування графіку генерації дуже складно, оскільки величина генерації значно залежить від детальної інформації про ступінь, структуру, рівні та рух хмар у близькості від об'єкта, що досліджується.

Однією з найголовніших проблем, які впливають на формування балансу потужності ОЕС України та пов'язані із джерелами ВДЕ, в тому числі і ГЕС, це відсутність моделей точного прогнозування їх потужності генерації, навіть у короткостроковій перспективі (навіть на добу вперед), а також стохастичний режим роботи і сильна залежність від погодних умов. На рис. 2 наведено різницю між фактичною потужністю генерації ГЕС та її прогнозованим значенням.

Середня похибка прогнозування графіків виробництва з ГЕС на добу вперед в Україні складає близько 30%, у той же час в Данії дана похибка менша за 10%. Як наслідок такого дисбалансу, зростає обсяг балансуючих потужностей та погіршується ефективність режимів ОЕС.

Звертаючи увагу на значну залежність генерації енергії ГЕС від погодних умов, для якісної оцінки впливу генерації ГЕС на формування балансів потужності в ОЕС України, виконаємо аналіз фактичного рівня виробітку потужності ГЕС в залежності від пори року та часу доби. Використаємо для цього дані ДП «Енергоринок» [2]. На рис. 3 представлено графік зміни погодинної потужності генерації ГЕС в залежності від пори року.

Проаналізувавши представлені залежності виробітку потужностей для типових місяців кожної пори року (січень, лютий, квітень, жовтень) приходимо до висновку, що загальна потужність ГЕС зосереджена в денний період доби (з 7 год до 20 год).



Рисунок 2 – фактичний та прогнозований графік потужності генерації СЕС

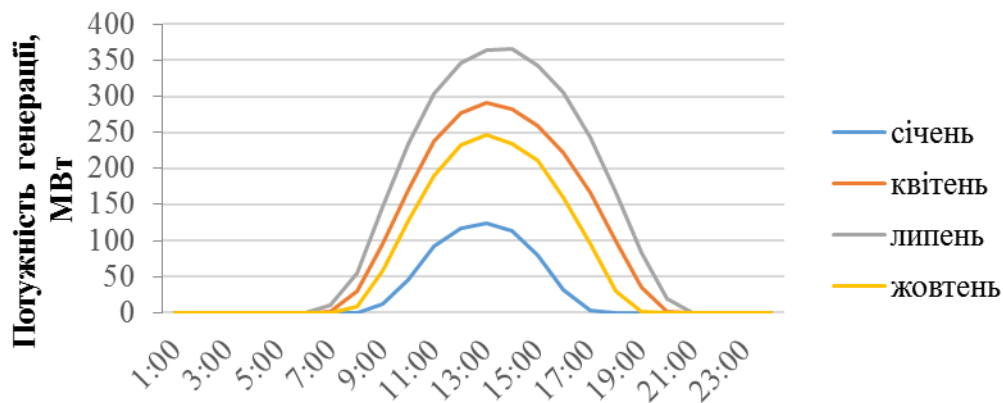


Рисунок 3 – Середньодобовий графік потужності генерації СЕС від пори року

Для аналізу економічної доцільності та ефективності застосування гібридних СЕС виконаємо аналіз добового графіку генерації гібридної СЕС (рис.4).

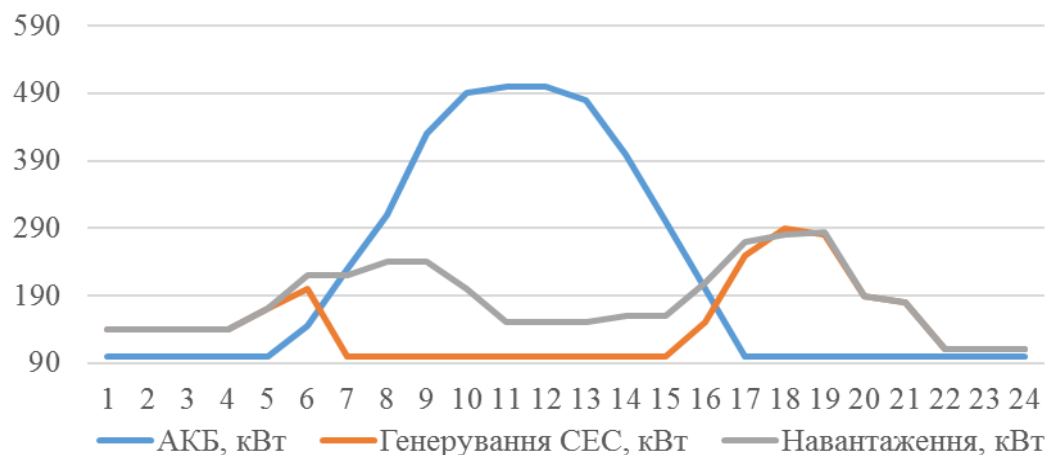


Рисунок 4 – Графік генерації гібридної СЕС



З аналізу залежності генерації гібридної СЕС встановлено, що максимальна ефективність генерації гібридної СЕС відбувається у день, а надлишок енергії накопичується у акумуляторних батареях та використовується при необхідності, беручи до уваги цілодобовий режим споживання енергії. Такий режим роботи дозволяє більш гнучку та ефективну роботу СЕС, з найбільш оптимальним споживанням.

Модель сонячної електростанції з акумуляторною батареєю.

Імітаційна модель сонячної електростанції в середовищі MATLAB Simulink з використанням бібліотек Simscape Electrical Specialized Power Systems представлена на рис.5.

До моделі входять наступні блоки: блок сонячних батарей («Solar PV»), блок контролера («MPPT Converter»), блок акумуляторної батареї («Battery»), блок інвертора («Invertor»), блок навантаження («Load»).

Для моделювання АБ використано метод заснований на загальному співвідношенні Шеферда, який був запропонований Olivier Tremblay Louis A. Dessaint [3].

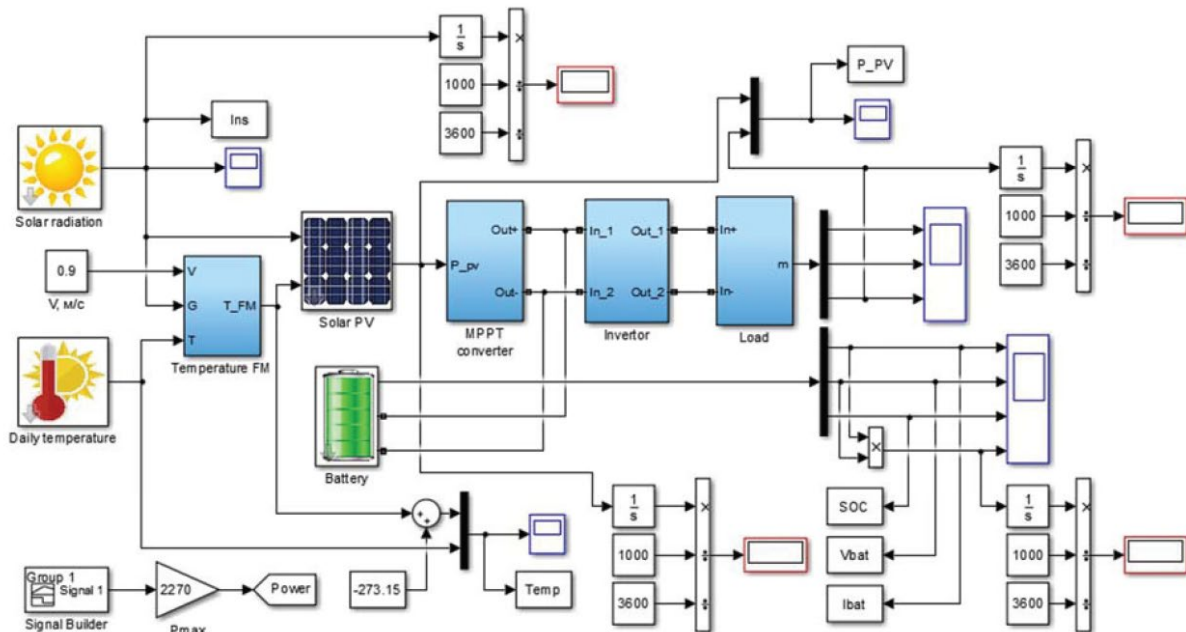


Рисунок 5 – Імітаційна модель сонячної електростанції з акумуляторною батареєю

В моделі АБ величина напруги визначається розрядним струмом та фактичним рівнем заряду батареї. Таке представлення АБ дозволяє з достатньою точністю виконати моделювання режиму розряду та заряду АБ різних типів, в тому числі ті, що використовують для відновлювальних джерел енергії.

В моделі СЕС використано два типи силових напівпровідникових перетворювача: постійної напруги та інвертор. З метою дослідження характеристик СЕС обрані спрощені моделі перетворювачів на базі ідеальних джерел струму та напруги.

Модель вхідного інвертора побудована на ідеальному джерелі постійної напруги, що під'єднано до силових виводів через послідовний активний опір,



який враховують внутрішні втрати в інверторі. Вимірювальні трансформатори струму та напруги забезпечують розрахунок спожитої активної потужності та розраховують діючі значення струму.

Імітаційна модель навантаження побудована на базі керованого джерела струму. Вхідним параметром моделі є величина вихідної напруги інвертора, а вихідними – струм та напруга на системі збірних шин споживача. Добовий графік навантаження заданий за допомогою стандартного блоку бібліотеки Simulink Signal Builder.

На рис.6 зображено результат моделювання у вигляді зміни навантаження та потужності генерації СЕС.

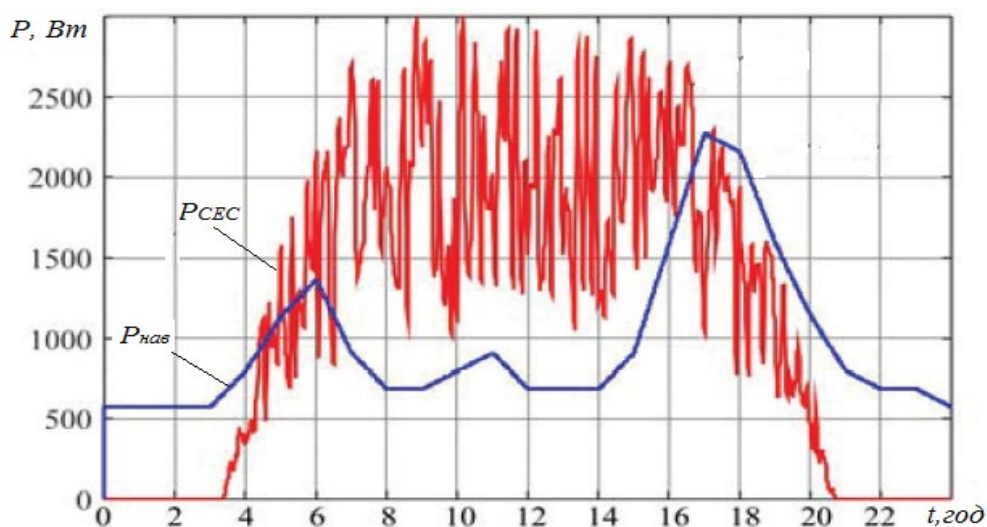


Рисунок 6 – Зміна потужності генерації СЕС та навантаження

З наведеного графіку видно, що при встановленому співвідношенні потужностей навантаження та генерації СЕС, забезпечується повне покриття потужності навантаження. Однак для безперервного електропостачання необхідно, щоб зменшення ємності акумуляторної батареї в темний час доби встигав поповнюватись в період світлового дня. З цією метою виконано аналіз енергетичних процесів в акумуляторній батареї. В період доби з 0:00 до 4:00 рівень знижується рівень заряду АБ до 42%, внаслідок живлення споживача від АБ. В період з 4:00 до 16:00 живлення споживачів відбувається від сонячних батарей та починається процес заряду АБ (АБ встигає зарядитись до 80%). В період доби з 16 до 20 навантаження покривається частково сонячними батареями та частково АБ. І в останньому проміжку доби з 20:00 до 24:00 споживач отримує живлення від акумуляторної батареї. За два останні періоди батарея розряджається до 65%. Дане значення вище за рівень заряду, який прийняти на початку і це є свідомством, що АБ за денний час роботи сонячної батареї встигла поновити свій рівень заряду.

Заклучення та висновки.

Збільшення потужності стохастичної генерації сонячними електростанціями у складі об'єднаної енергосистеми України без застосування додаткових заходів може спричинити стабільність роботи енергосистеми внаслідок порушення балансу вироблення-споживання електроенергії



Гібридні сонячні електростанції є більш гнучкими та мають можливість швидко зреагувати на зміну потужності навантаження, тобто змінити режим роботи акумуляторних батарей: у разі різкого збільшення потужності навантаження переходити на режим додаткової генерації із акумуляторних батарей, а в режимі провалів навантаження – виконувати заряд акумуляторних батарей.

Розроблена імітаційна модель сонячної електростанції з акумуляторною батареєю забезпечує безперебійне електроживлення споживача і придатна для дослідження режимів роботи для реальних умов експлуатації. Результати моделювання дозволяють обрати раціональний режим експлуатації електростанції, з урахуванням необхідної потужності резерву у вигляді акумуляторної батареї

Література:

1. Гібридна СЕС підприємства 150 кВт під керуванням європейської EMS [Електронний ресурс] // ЕкоПро+: [офіційний сайт]. – Режим доступу <https://energystorage.com.ua/ua/resheniya/gibridnaya-ses-150-kvt/> (дата звернення 15.11.2021).
2. Дані офіційного сайту Державне підприємство Енергоринок [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.er.gov.ua/>
3. Tremblay, O.; Dessaint, L.-A. Experimental Validation of a Battery Dynamic Model for EV Applications. *World Electr. Veh. J.* 2009, 3, 289-298. <https://doi.org/10.3390/wevj3020289>

Abstract. Daily schedules of solar power plant generation (SPP) and load of Ukrainian consumers were built. It is established that the absolute maximum power system of Ukraine is outside daylight, and the maximum of SPP generation occurs in the period from 13 to 14 o'clock in the afternoon. This circumstance encourages the introduction of additional maneuvering power in order to cover the sudden shortage of power.

It is shown that the average error in forecasting production schedules with SES for the day ahead in Ukraine is about 30%. As a result of this imbalance, the amount of balancing capacity increases and the efficiency of ECO regimes deteriorates.

The use of powerful energy storage devices, including batteries, will help solve stochastic generation and improve the operation of the grid.

Hybrid SES is a combination of photo modules and rechargeable batteries. From the analysis of the dependence of the generation of hybrid SES it was found that the maximum efficiency of the generation of hybrid SES occurs per day, and the excess energy accumulates in batteries and is used if necessary. This mode of operation allows more flexible and efficient operation of SES, with the most optimal consumption.

A simulation model of a solar power plant in the MATLAB Simulink environment was created using Simscape Electrical Specialized Power Systems libraries. The simulated model of a solar power plant with a rechargeable battery provides uninterruptible power supply to the consumer and is suitable for the study of operating modes for real operating conditions. The simulation results allow to choose a rational mode of operation of the power plant, taking into account the required reserve power in the form of a battery

Key words: solar power plant, rechargeable battery, network mode, load schedule, simulation model, MatLab.

Стаття відправлена 20.12.2021 р.

© Першко М.В.



УДК 622.276.054:539.3

FATIGUE DAMAGE OF HYBRID SUCKER RODS
ВТОМНЕ РУЙНУВАННЯ ГІБРИДНИХ НАСОСНИХ ШТАНГ**Korey B.V. / Копей Б.В.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-5445-103X

Bakun B.M. / Бакун Б.М.*asp. / асп.***Korey I.B. / Копей І.Б.,**

ORCID: 0000-0001-6173-5703

*c.t.s., lead. eng. / к.т.н., пров. інж.***Laba O.V. / Лаба О.В.***teach. / викл**Ivano-Frankivsk National Technical University**of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Karpanska, 15, Ukraine, 76019**Івано-Франківський національний технічний університет**нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019*

Анотація. В роботі проведено експериментальні дослідження гібридної насосної штанги на лабораторній установці ЗКШ-25 при консольному згині. Проаналізовано закономірності росту тріщин зі збільшенням наробітку зразка та побудовано графік залежності довжини тріщин від величини змінного напруження. Встановлено, що зі зростанням величини змінного навантаження в гібридних штангах біля сталеві головки зароджується більша кількість тріщин, ніж при низьких навантаженнях. Встановлено, що зі зростанням величини змінного навантаження довжина найбільшої тріщини L_{max} зменшується.

Ключові слова: втомне випробування, тріщина, насосна штанга, гібрид, розшарування, напруження

Умовне позначення полімерних композитів:

FRP – ПКМ (полімерний композиційний матеріал)

CFRP – ВП (вуглепластик)

GFRP СП (склопластик)

HFRP – ГПКМ (гібридний ПКМ)

GF – СВ (скловолокно)

CF – ВВ (вуглеволокно)

CFC – ОВВ (осердя вуглеволокнисте)

GFS – ОСВ (оболонка скловолокниста)

Аналіз світових досліджень і публікацій

Полімерні композити, армовані волокном (FRP), отримані пултрузією (протягуванням через матрицю), набувають все більшого визнання в цивільних інфраструктурах як конкурентоспроможна альтернатива традиційним конструкційним матеріалам, таким як сталь, алюміній чи титан [1], оскільки FRP володіє низькою густиною, високим співвідношенням міцності до ваги і жорсткості до ваги, зручністю монтажу і чудовою стійкістю до втоми та корозії. Пултрузія є одним з основних методів виготовлення FRP виробів з постійними профілями, наприклад, плити, прутки, арматурні прутки та великогабаритні несучі компоненти [2]. Для застосування як конструкційний матеріал вироби з FRP часто працюють з навантаженням при змінному розтягу. Наприклад, FRP-



троси для мосту піддаються напружено-натяжним навантаженням від руху по ньому машин [3]. Крім того, ресурс конструкцій інфраструктури є набагато довшим, ніж літаків або аерокосмічних споруд, де широко використовуються FRP, і втомні характеристики FRP для інфраструктур також викликають занепокоєння [4]. Усі пішохідні мости FRP та FRP настили для транспортних мостів в останні роки швидко поширюються. Як вантажопідйомні та/або передавальні компоненти, стійкість до втоми FRPs стає важливим критерієм для оцінки безпеки конструкції у довгостроковій службі пов'язаних структур [5]. Втомні характеристики вуглепластиків CFRP і склопластиків GFRP добре вивчені за останні десять років [6-8]. Конфігурація навантаження, архітектура волокна, матриці та типи волокон, а також методи виготовлення FRPs грають ключові ролі при роботі на втому. Як правило, CFRP володіють відмінними показниками втоми порівняно з класичними металевими конструкційними матеріалами [9]. Втомна витривалість CFRP залежить від зв'язків між волокном і матрицею та режиму прикладеного навантаження (розтягування чи стиснення) [10]. Механізми пошкодження від втоми в CFRP під час циклів втоми включають розтріскування матриці, поперечне розтріскування, міжфазне розшарування, розшарування та розрив волокна [11]. При осьовому розтягувальному втомному навантаженні механізми пошкодження можуть прогресувати або взаємодіяти в CFRP, що призводить до трьох фаз деградації. Перша фаза викликана виникненням і зростанням матричних тріщин між армуючими волокнами, які призводять до швидкого збільшення деградації FRP. В другій фазі досягається насичення поперечних тріщин матриці та відшарування і поздовжні обриви чи переломи між волокнами. На цій фазі деградація зростає майже постійно, але повільно. В третій фазі пошкодження швидко збільшуються, і відбувається глобальне руйнування композиту через зростання відшарування і переломи волокон. Для порівняння, показники втоми GFRP не є послідовними, навіть часто ці звітні результати є суперечливими. Деякі вважали, що втома GFRP більше залежить від армуючих волокон і втомне руйнування пояснюється поступовим руйнуванням несучих скляних волокон [12]. Тип смоли, тип скловолокна та орієнтація волокна грають незначний вплив. Однак інші стверджують, що втома GFRP залежить більш сильно від деформації матриці [13], наприклад, в'язкопружної поведінки матриці [6] та розтріскування матриці [14]. Крім того, поверхнєве зчеплення волокна/матриці також вважається одним з найважливіших параметрів, що обмежують термін служби через втому композитів [15]. Що стосується механізму пошкодження, деякі автори [16] вважали, що початкове пошкодження відбулося і через швидке зниження модуля пружності, пов'язане з руйнуванням волокна, розшаруванням і руйнуванням матриці протягом перших кількох циклів. Після цього більш звичайним є процес втоми, зовнішній для системи матеріалу, пов'язаний з поздовжнім розщепленням і розшаруванням, яке відбулося. У той час як інші [17] дійшли висновку, що механізм втоми GFRP був поєднанням статичної втоми (механізм повзучості) і динамічної деградації (циклічне навантаження). З наведених вище досліджень, механізми втомного руйнування GFRP є складними і їх необхідно добре



зрозуміти. Щоб реалізувати максимальне застосування, гібридні полімерні композити, армовані вуглецевим волокном і скловолокном (HFRP) з'являються в останні роки, що поєднує переваги обох волокон. GFRP мають меншу вартість та відносно погані механічні властивості, і їх застосування обмежено в деяких важливих конструкційних застосуваннях [18, 19]. На відміну від цього, CFRP володіє чудовими механічними властивостями (жорсткість і міцність), а також відмінним опором втомі та корозійною стійкістю при високій ціні [20,21]. Наприклад, таким є новий гібридний термопластичний композит вуглецево/скляний стрижень, у тому числі типу «осердя в оболонці» [22] з великим поліпшенням властивостей на розтяг у порівнянні з чистим GFRP. На даний момент було повідомлено про окремі роботи щодо втомних властивостей гібридних FRP композитів, як правило, малих діаметрів [23-25]. Кар та інші [26] вивчали поведінку гібридного композитного стрижня діаметром 6 мм. На відміну від режиму втомного руйнування CFRP і GFRP, гібридний композит показав режими прогресуючого втомного пошкодження у вигляді поздовжнього розколу оболонки GF та катастрофічного і непрогресуючого руйнування ядра CF. Втомні тріщини ініціювали фреттінг-втому між оболонкою GF і поверхнею зчеплення, розвинутою вздовж межі розділу GF/CF, де є нерівномірні деформації. Barjasteh та іншими [27] досліджено втомну поведінку при згині гібридних композитних стрижнів діаметром 8 мм. Пошкодження ініціюється і поширюється в результаті розтріскування матриці та розривів пучків волокон всередині оболонки GF, нарешті досягає точка насичення вздовж межі розділу GF/CF через концентрацію напружень. У підсумку, втомний механізм руйнування гібридних композитів є складним через спеціальний інтерфейс CFC/GFS і має бути добре вивченим. У цій статті описано дослідження втомних характеристик гібридної штанги діаметром 19 мм з волокнами вуглецю і скла. Досліджено вплив рівня напружень при навантаженні консольним згином [28], ріст втомних тріщин, механізми пошкодження та втомний ресурс. Дослідження допоможе зрозуміти втомні характеристики насосних штанг діаметром 19 мм, задовольнити вимоги конструкції та застосування такої нової гібридної композитної штанги.

Експериментальні дослідження. Матеріали.

Були виготовлені односпрямовані епоксидні гібридні стрижні, армовані вуглецевими та скляними волокнами, діаметром 19 мм, які сформовані пултрузійним процесом. Поперечний переріз гібридного стрижня показано на рисунку 1.

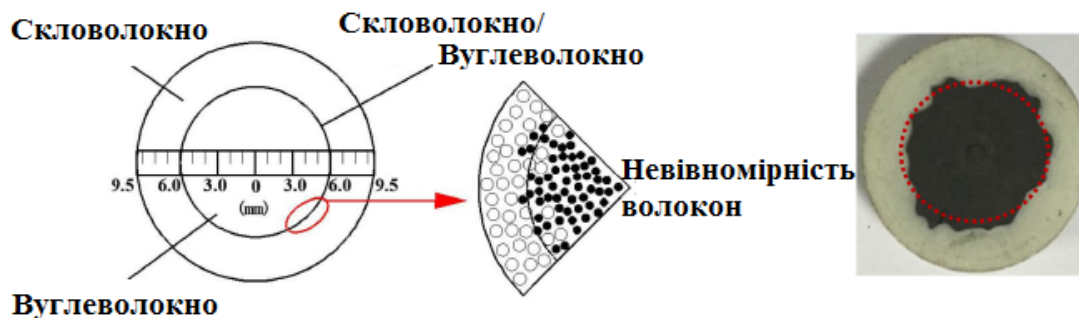


Рисунок 1 – Поперечний переріз гібридного стрижня



Радіус однонаправленого осердя з вуглецевого волокна (CFC) становив приблизно 6 мм, а товщина односпрямованої скловолоконної оболонки (GFS) не ідеально круглої становить приблизно 3,5 мм. Смоляна матриця стрижня - епоксидна смола бісфенол-А (виробник - Airstone™ 1122E, Blue Cube Chemicals Company, Zhangjiagang, Китай). Об'ємні частки вуглецевого і скловолокна становили ~70%. Стрижень з'єднали зі сталеву головою за схемою [31]. Після випробування на розтяг чистого односпрямованого вуглецевого волокна/епоксидної смоли, скловолокно/епоксидна смола та гібриду вуглець/скловолокно/епоксидна смола, були отримані механічні властивості CFC, GFS та HFRP [32], які показані в таблиці 1.

Таблиця 1 - Властивості на розтяг CFC, GFS та HFRP стрижнів

<i>Механічні характеристики</i>	<i>CFC</i>	<i>GFS</i>	<i>HFRP</i>
Модуль пружності при розтягу (ГПа)	164,5	63,0	103,5
Міцність на розрив (ГПа)	2,200	1,200	1,268

Експериментальні дослідження закономірностей росту тріщин в гібридних штангах

Для дослідження втомної міцності було використано зразок гібридної штанги (осердя вуглепластику зі склопластиковою оболонкою) діаметром 19 мм і довжиною 280 мм (рис. 2).

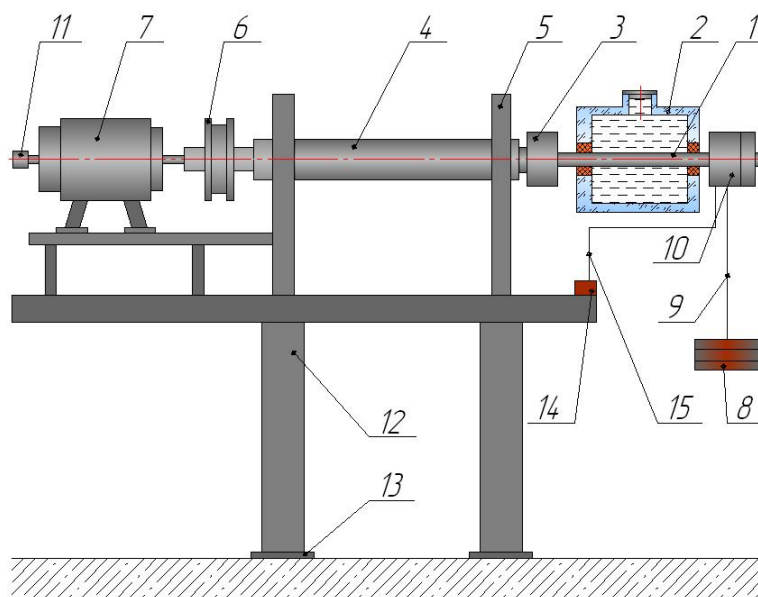


Рисунок 2 - Зразок гібридної штанги для випробування

Зразок досліджували при напруженні згину на стенді ЗКШ-25 [29] (рис. 3) при консольному згині частотою навантаження $n=950 \text{ хв}^{-1}$.

Дослідження проводилися при напруженні, рівному 175 МПа. Вага вантажу складала 400 Н. Наявність тріщин контролювали з періодичністю 30 хвилин. Послідовність зародження та росту тріщин втоми відповідно до числа пройдених циклів навантаження подано в таблиці 2.

При огляді зразка після зламу було виявлено в загальній кількості 13 тріщин. Їх розміри та розташування показано на рисунку 4 та в таблиці 3.



1 – зразок; 2 – камера для робочого середовища; 3 – цанговий затискач;
4 – вал; 5 – стояки; 6 – пальцева муфта; 7 – електродвигун; 8 – вантажі;
9 – підвіска; 10 – навантажувальна головка; 11 – лічильник; 12 – рама;
13 – амортизаційні подушки; 14 – вимикач; 15 – важіль

Рисунок 3 - Установка для натурних випробувань насосних штанг на втому при консольному згині

Таблиця 2 – Довжини зароджених в гібридній штанзі тріщин втоми

Кількість циклів N,	Довжина тріщини L , мм			
1246000	1	–	–	–
1307000	2	–	–	–
1341000	2,5	0,5	–	–
1368000	3	1	–	–
1395000	3	1	1,5	1
1422000	3,5	1	2	1
1459000	Злам з наявністю 13 тріщин довжиною від 1 до 16 мм			

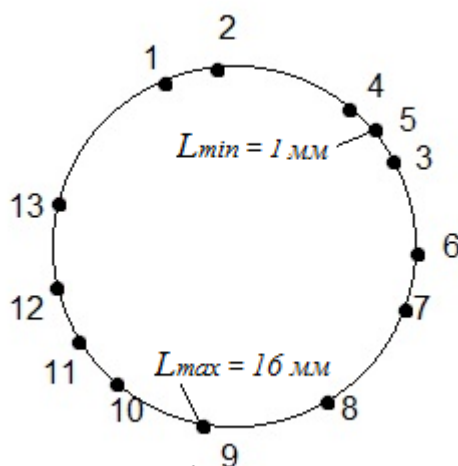


Рисунок 4 - Місця тріщин втоми в тілі гібридної штанги при поломці



Таблиця 3 – Довжини L тріщин в зразку після поломки

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L , мм	4	2	3	2	1	2	9	10	16	4	10	5	13

При напруженні в 175 МПа досліджуваний зразок гібридної штанги зламався в зоні з'єднання сталеві головки з тілом штанги (рисунок 5), витримавши при цьому 1,45 млн. циклів і в зоні біля сталеві головки були виявлені численні тріщини. Це свідчить про те, що в гібридних штангах при високих напруженнях згину зароджується велика кількість тріщин (до 13), а при низьких - їх кількість зменшується до 2-3.



Рисунок 5 - Дослідний зразок після зламу

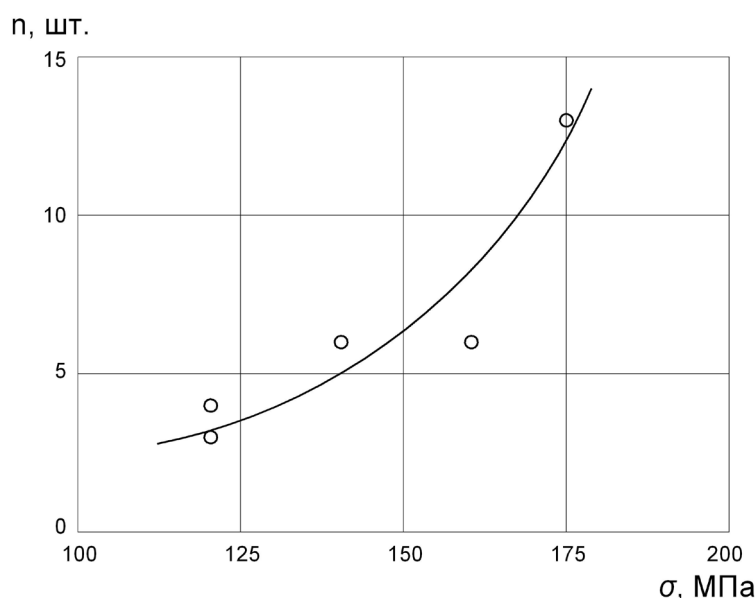


Рисунок 6 - Залежність кількості зароджених тріщин n від величини змінного напруження σ гібридних насосних штанг



Отримані результати порівняли з даними про поведінку та руйнування склопластикових штанг, отриманих в аналогічних умовах [28-31]. Основна закономірність полягає в тому, що зі зростанням величини змінного навантаження довжина найбільшої тріщини L_{max} зменшується (рис. 8)

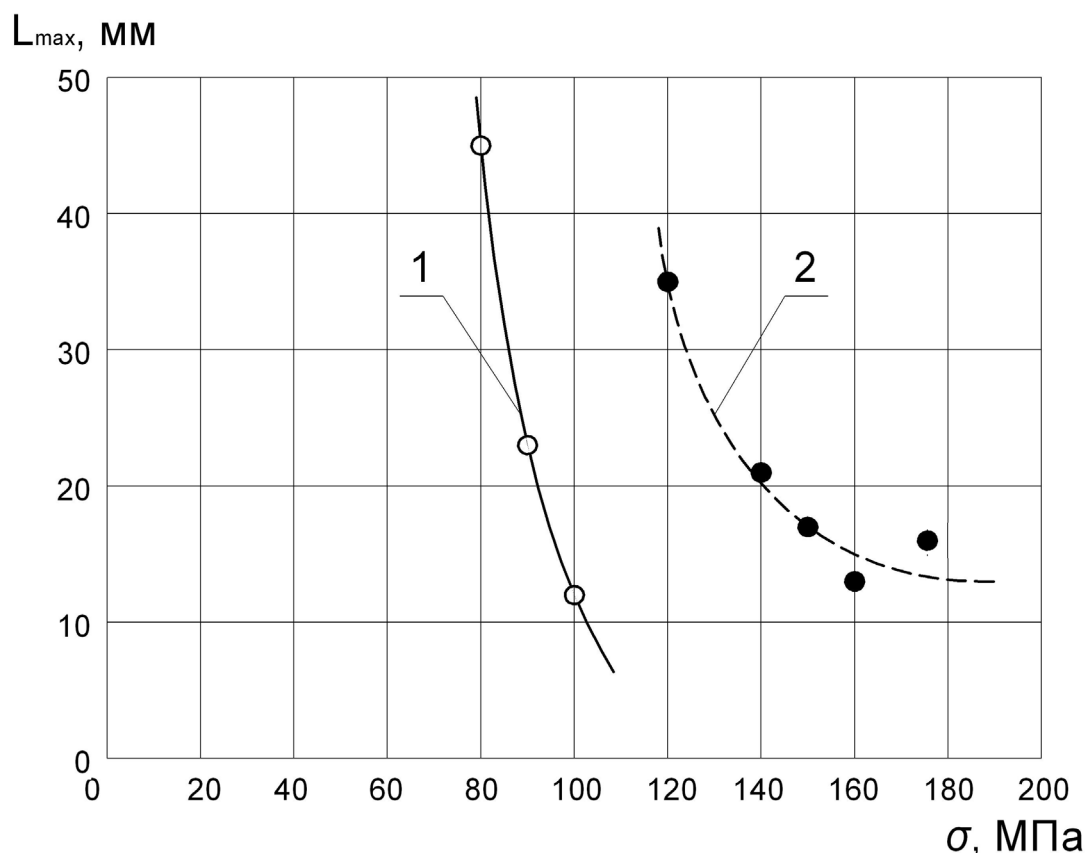


Рисунок 8 - Залежність довжини тріщин L_{max} від величини змінного напруження циклу в склопластикових (1) та гібридних (2) насосних штангах після поломки

Висновки

Проведено експериментальні дослідження гібридної насосної штанги на лабораторній установці ЗКШ-25. В ході спостереження при проведенні експерименту встановлено, що зразок пройшов 1,2 млн. циклів навантажень до утворення першої видимої тріщини, далі на проміжку 1,2-1,4 млн. циклів утворилося ще 3 тріщини. При 1,45 млн. циклів зразок зламався і було виявлено, в цілому, 13 тріщин. Проаналізовано закономірності росту тріщин зі збільшенням виробітку зразка та побудовано графік залежності довжини тріщин від величини змінного напруження. Встановлено, що зі зростанням величини змінного навантаження в гібридних штангах біля сталевій головки зароджується більша кількість тріщин, ніж при низьких навантаженнях. Виявлено, що зі зростанням величини змінного навантаження довжина найбільшої тріщини L_{max} зменшується.



Література

1. Pour SM, Alam MS, Milani AS. Improved Bond Equations for Fiber-Reinforced Polymer Bars in Concrete. *Materials* (Basel) 2016;9.
2. Chen XK, Jiang BY, Zhou Z. Optimization of CFRP pultrusion process with NSGA-II and ANN. *Materials Processing Technology II* 2012;538-541.
3. Keller T. Recent all-composite and hybrid fibre-reinforced polymer bridges and buildings. *Prog Struct Eng Mat* 2001;3:132-140.
4. Keller T, Tirelli T. Fatigue behavior of adhesively connected pultruded GFRP profiles. *Compos Struct* 2004;65:55-64.
5. Borrego LP, Costa JDM, Ferreira JAM, Silva H. Fatigue behaviour of glass fibre reinforced epoxy composites enhanced with nanoparticles. *Compos Part B-Eng* 2014;62:65-72.
6. Epaarachchi JA, Clausen PD. An empirical model for fatigue behavior prediction of glass fibre-reinforced plastic composites for various stress ratios and test frequencies. *Compos Part A-Appl S* 2003;34:313-326.
7. Shao Y, Yashiro T, Okubo K, Fujii T. Effect of cellulose nano fiber (CNF) on fatigue performance of carbon fiber fabric composites. *Compos Part A-Appl S* 2015;76:244-254.
8. Selezneva M, Montesano J, Fawaz Z, Behdinin K, Poon C. Microscale experimental investigation of failure mechanisms in off-axis woven laminates at elevated temperatures. *Compos Part A-Appl S* 2011;42:1756-1763.
9. Knoll JB, Riecken BT, Kosmann N, Chandrasekaran S, Schulte K, Fiedler B. The effect of carbon nanoparticles on the fatigue performance of carbon fibre reinforced epoxy. *Compos Part A-Appl S* 2014;67:233-240.
10. Brunbauer J, Pinter G. Effects of mean stress and fibre volume content on the fatigue-induced damage mechanisms in CFRP. *Int J Fatigue* 2015;75:28-38.
11. Shao YZ, Okubo K, Fujii T, Shibata O, Fujita Y. Effect of matrix properties on the fatigue damage initiation and its growth in plain woven carbon fabric vinylester composites. *Compos Sci Technol* 2014;104:125-135.
12. McBagonluri F, Garcia K, Hayes M, Verghese KNE, Lesko JJ. Characterization of fatigue and combined environment on durability performance of glass/vinyl ester composite for infrastructure applications. *Int J Fatigue* 2000;22:53-64.
13. Curtis PT. The fatigue behavior of fibrous composite materials. *J Strain Anal* 1989. 24: 235–244.
14. Meziere Y, Bunsell AR, Favry Y, Teissedre JC, Do AT. Large strain cyclic fatigue testing of unidirectional carbon fibre reinforced epoxy resin. *Compos Part A-Appl S* 2005;36:1627-1636.
15. Shih GC EL. The effect of the fiber/matrix interface on the flexural fatigue performance of unidirectional fiberglass composites. *Comp Sci Technol* 1987;28(2):137–161.
16. Jessen SM, Plumtree A. Fatigue damage accumulation in pultruded glass/polyester rods. *Composites Part A-Appl S* 1999;20(6):559–567.
17. Crowther, MF, Wyatt, R, Phillips, MG. Creep-fatigue interactions in glass fibre/polyester composites. *Compos Sci Technol* 1989; 36: 191–210.



18. Sugiyama M, Uomoto T. Research on strength and durability of GFRP rods for prestressed concrete tendons. *Fibre-Reinforcement Polymer: Reinforcement for Concrete Structures*, Vols 1 and 2, Proceedings. 2003:727-736.
19. Uomoto T. Durability design of GFRP rods for concrete reinforcement. *Fibre-Reinforcement Polymer: Reinforcement for Concrete Structures*, Vols 1 and 2, Proceedings. 2003:37-50.
20. Mueller Y, Tognini R, Mayer J, Virtanen S. Anodized titanium and stainless steel in contact with CFRP: an electrochemical approach considering galvanic corrosion. *J Biomed Mater Res A* 2007;82:936-946.
21. Pan YC, Wu GQ, Huang Z, Zhang ZK, Ye HJ, Li MY, et al. Improvement in interlaminar strength and galvanic corrosion resistance of CFRP/Mg laminates by laser ablation. *Mater Lett* 2017;207:4-7.
22. Naito K, Oguma H. Tensile properties of novel carbon/glass hybrid thermoplastic composite rods. *Compos Struct* 2017;161:23-31.
23. Tsai YI, Bosze EJ, Barjasteh E, Nutt SR. Influence of hygrothermal environment on thermal and mechanical properties of carbon fiber/fiberglass hybrid composites. *Compos Sci Technol* 2009;69:432-437.
24. Barjasteh E, Nutt SR. Moisture absorption of unidirectional hybrid composites. *Compos Part A-Appl S* 2012;43:158-164.
25. Gueribiz D, Jacquemin F, Fréour S. A moisture diffusion coupled model for composite materials. *Eur J Mech A-Solid* 2013;42:81-89.
26. Kar NK, Hu Y, Barjasteh E, Nutt SR. Tension–tension fatigue of hybrid composite rods. *Compos Part B-Eng* 2012;43:2115-2124.
27. Kar NK, Barjasteh E, Hu Y, Nutt SR. Bending fatigue of hybrid composite rods. *Compos Part A-Appl S* 2011;42:328-336.
28. B.V. Kopei, A.B.Stefanyshyn, and T.P. Venhrynyuk. Fatigue strength of hybrid pump rods. *Material Science*. Vol.54.No.5 March 2019, pp. 739-742.
29. Копей Б. В., Копей В. Б., Копей І. Б. Насосні штанги свердловинних установок для видобування нафти. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 406 с.
30. Elevation of the fatigue strength of pump rods as a result of treatment with a special medium/ B. V. Kopei, O. I. Zvirko, T. P. Venhrynyuk, Z. V. Slobodyan, and I. P. Shtoiiko // *Materials Science*. – 2020. – 56, № 1. – P. 125–131. (Підвищення втомної міцності насосних штанг обробкою спеціальним середовищем /Б. В. Копей, О. І. Звірко, Т. П. Венгрінюк, З. В. Слободян, І. П. Штойко // *Фіз.-хім. механіка матеріалів*. – 2020. – 56, № 1. – С. 118–123.)
31. Б. В. Копей, Г. В. Кречковська, В. П. Нісонський, Б. М. Бакун. Закономірності росту тріщин втоми в гібридних насосних штангах. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. – 2021. – № 4. С. 104-110.
32. Chenggao Li, Guijun Xian, Hui Li. Tension-tension Fatigue Performance of a Large-Diameter Pultruded Carbon/Glass Hybrid Rod. *International Journal of Fatigue*. Volume 120, March 2019, Pages 141-149.

Abstract. *Experimental studies of a hybrid sucker rod were performed at the ZKSH-25 laboratory unit during cantilever bending. The regularities of crack growth with time were analyzed and a graph of the dependence of crack length on the value of alternating stress is*



constructed. It is established that with the increase of variable load in hybrid rods near the steel head more cracks arise than at low loads. It is established that the length of the largest crack L_{max} decreases with increasing value of variable load.

Key words: fatigue testing, crack, sucker rod, hybrid, damage, delamination, stress

Науковий керівник: д.т.н., проф. Копей Б.В.

Стаття підготовлена в рамках Програми
«Енергетична стратегія України на період до 2030 року»

Стаття відправлена: 24.12.2021 р.

© Копей Б.В., Бақун Б.М., Копей І.Б., Лаба О.В.



УДК 621.396

**FEATURES OF ENERGY DISTRIBUTION IN OFDM SIGNALS
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ OFDM СИГНАЛОВ****Sukachov E. A./ Сукачев Э. А.****Bykov R. G./ Биков Р. Г.***State University of Intelligent Technologies and Communications,
Odessa, Kuznechna, 1, 65023**Государственный университет интеллектуальных технологий и связи,
Одесса, Кузнечная, 1, 65023*

Аннотация. В системах сотовой связи широкое применение находит метод модуляции с частотным уплотнением несущих (OFDM). Информация передается по параллельным низкоскоростным потокам с использованием амплитудно-фазовой либо квадратурной манипуляции несущих. Данная технология рассматривается как одна из перспективных для использования в мобильных системах связи пятого поколения, где скорость передачи данных должна достигать 1 Гб/с. В статье приведены общие выражения для OFDM сигнала во временной и частотной области. Исследованы особенности распределения энергии сигнала в частотной области в зависимости от комбинации передаваемых векторов.

Ключевые слова: сигнал, OFDM, энергия, спектр.

Вступление.

Технология мультиплексирования с частотным разделением каналов (OFDM) нашла широкое применение в системах сотовой связи 4G/LTE, цифровом аудио вещании (DAB), цифровом видео вещании (DVB) и пр. Также данный вид модуляции является одним из кандидатов на использование в системах 5G. Следует отметить, что OFDM сигнал обладает конечной длительностью, в результате чего спектр сигнала является бесконечным. Данное свойство особенно важно учитывать в пятом поколении систем мобильной связи, где выделенная ширина полосы частот может превышать 100 МГц (в 4G максимальная ширина спектра сигнала – 20 МГц), в связи с чем ширина боковых лепестков спектра может увеличиваться на несколько порядков в сравнении с сигналами, используемыми в LTE. Таким образом, актуальной является задача исследования распределения энергии OFDM сигнала в частотной области. Целью статьи является исследование зависимости концентрации энергии OFDM сигнала внутри выделенной полосы частот от комбинации передаваемых векторов.

OFDM сигнал и его спектр.

В общем виде, передаваемый OFDM символ может быть представлен как:

$$s(t) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n g(t) \cos((\omega_0 + n\Omega)t + \varphi_n), \quad (1)$$

где A_n - длина вектора, передаваемого на поднесущей n ; N - количество поднесущих; $g(t)$ - базовый импульс; T - временной интервал между OFDM-символами; ω_0 – циклическая частота несущей (начало интервала, в котором производится частотное уплотнение); Ω – частотный интервал между двумя



соседними поднесущими; φ_n – фаза вектора, который передается на поднесущей n .

С помощью прямого преобразования Фурье можно установить выражение, описывающее спектр передаваемого OFDM символа для произвольных форм базового импульса:

$$S(j\omega) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n \left[G(j(\omega + \omega_0 + n\Omega)) e^{-j\varphi_n} + G(j(\omega - \omega_0 - n\Omega)) e^{j\varphi_n} \right], \quad (2)$$

где $G(j\omega)$ – спектральная плотность базового импульса-прототипа передатчика.

При больших значениях ω_0 левая и правая часть спектра оказывают незначительное взаимное влияние, и спектр OFDM сигнала (2) определяется выбором функции $G(j\omega)$, а также комбинацией передаваемых векторов на поднесущих частотах.

В традиционной OFDM системе функцией $g(t)$ является прямоугольная функция длительности T , спектр которой характеризуется высоким уровнем боковых лепестков. Спектральная плотность первого бокового лепестка лишь на 13 дБ ниже уровня максимального значения спектра сигнала в области выделенной полосы частот (рисунок 1).

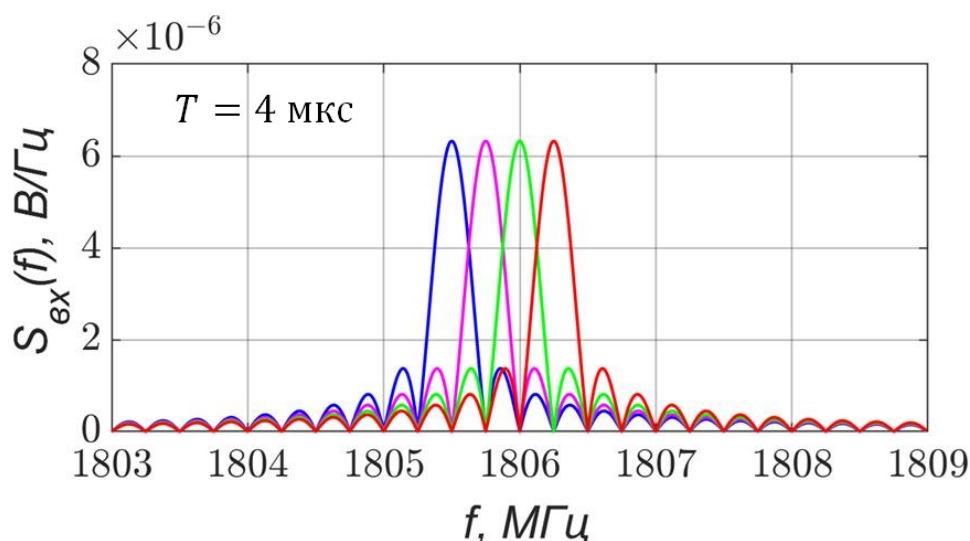


Рисунок 1 – Спектр сигнала с частотным уплотнением несущих

Распределение энергии OFDM сигнала

Частичную энергию OFDM сигнала в полосе частот $[-\omega; \omega]$ можно с помощью следующего выражения [1]:

$$W(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega}^{\omega} S(j\omega) S^*(j\omega) d\omega \leq W_{\max} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) S^*(j\omega) d\omega, \quad (3)$$

где $W(\omega)$ – энергия внутри полосы частот $[-\omega; \omega]$; $W_{\max}$ – полная энергия сигнала.

Поскольку спектр действительного сигнала является четной функцией, (3) можно упростить:



$$W(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\omega} |S(j\omega)|^2 d\omega. \quad (4)$$

В случае, если $g(t)$ – прямоугольная функция, полную энергию сигнала можно определить, используя теорему Парсеваля:

$$W_{\text{макс}} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) S^*(j\omega) d\omega = \int_0^T s^2(t) dt. \quad (5)$$

Функция $s(t)$ представляет собой сумму гармонических колебаний, взаимная энергия которых равна 0. В результате, общая энергия сигнала равна сумме энергий отдельных гармонических колебаний, где энергия n -го колебания равняется $0,5|A_n|^2 T$.

Соответственно, (5) можно переписать как:

$$W_{\text{макс}} = 0,5 \sum_{n=1}^N |A_n|^2 T.$$

Функция распределения энергии в полосе частот:

$$\eta = \frac{W(\omega)}{W_{\text{макс}}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

В среде разработки MATLAB [2] были построены амплитудные спектры (2) и распределение энергии (6) OFDM-сигналов при различной комбинации передаваемых векторов.

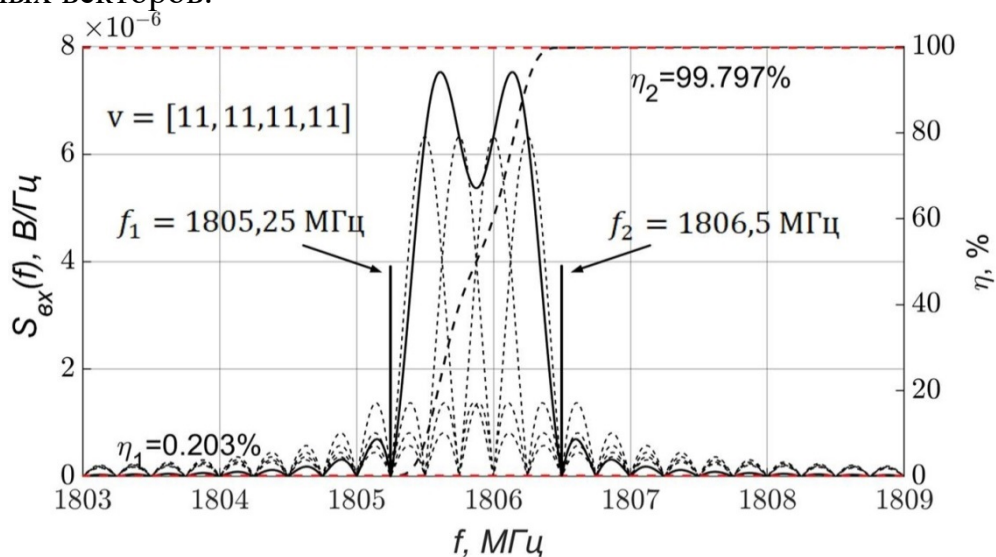


Рисунок 2 – OFDM-сигнал с компактным спектром

Так, на рисунке 2 показано распределение энергии OFDM сигнала в случае, если на соседних поднесущих частотах передаются вектора с одинаковыми индексами. На рисунке 3 – когда соседние вектора имеют одинаковую амплитуду, и разность фаз составляет π рад. Следует отметить, что в первом случае концентрация энергии внутри выделенной полосы частот практически достигает 100%. При передаче векторов с разностью фаз π рад концентрация энергии в области частот $[f_1; f_2]$ не превышает 80%; при увеличении числа поднесущих в системе этот показатель уменьшается до 70%.

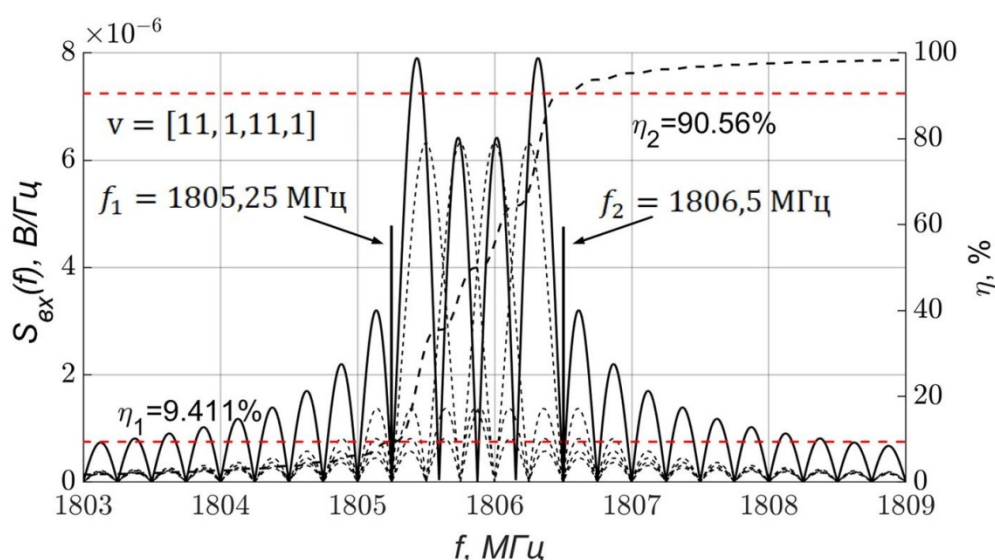


Рисунок 3 – OFDM-сигнал с расширенным спектром

Выводы

В работе получены выражения, позволяющие строить спектр OFDM-сигнала для различной комбинации передаваемых векторов и произвольной огибающей. Результаты показали, что OFDM-сигнал, в котором амплитуды и фазы векторов на соседних поднесущих частотах совпадают, обладает наиболее компактным спектром. При этом, в области главного лепестка спектра содержится около 99% всей энергии сигнала. Наихудшее распределение энергии соответствует случаю, когда разность фаз между соседними векторами составляет π рад. Увеличение числа поднесущих приводит к дополнительному расширению спектра. Дальнейшее исследование может быть направлено на анализ влияния формы огибающей OFDM сигнала на распределение его энергии в частотной области.

Литература:

1. Биков Р. Г. Властивості послідовності векторів КАМ-16 у частотній області / Р. Г. Биков // Международный научный периодический журнал SWorldJournal. – Свиштов, Болгария, 2020. – №6(1). – С. 45-50.
2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2003. – 608 с.

Abstract. In cellular systems, orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) is widely used. Information is transmitted over parallel low-speed streams using amplitude-phase or quadrature carrier keying. This technology is considered as one of the most promising for use in mobile communication systems of the fifth generation, where the data transfer rate should reach 1 Gb / s. The article provides general expressions for OFDM signal in time and frequency domain. Features of distribution of signal energy in the frequency domain are investigated depending on the combination of the transmitted vectors.

Key words: signal, OFDM, energy, spectrum.

Статья отправлена: 30.12.2021 г.

© Сукачев Э. А., Быков Р. Г.



УДК 004:620.91

INTELLIGENT ANALYSIS OF TIME DATA OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ ДАНИХ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ****Buslova N.V. / Буслова Н.В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.***Tyschenko Y.I. / Тищенко Я.І.***master / магістр**National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м Київ, просп. Перемоги, 37, 03056*

Анотація. Стаття присвячена темі інтелектуального аналізу часових даних за допомогою нейронної мережі та побудові прогнозу споживання електричної енергії на її основі.

У вступній частині говориться про сучасні системи фіксації показників споживання електричної енергії та про їх можливість накопичувати ці дані. Наведена інформація про розвиток глибокого навчання та алгоритмів нейронних мереж.

В основній частині статті коротко викладені складові алгоритму нейронної мережі (LSTM), за допомогою якого буде виконано побудову прогнозу. Наводиться опис набору даних, на якому «навчається» нейронна мережа та описується її конфігурація. У якості наглядних результатів дослідження представлені суміщені графіки реального рівня споживання енергії та спрогнозованого на сім днів тижня, а також наведені похибки прогнозу за обраною метрикою.

У висновку аналізуються отримані графіки та переваги і можливості при впровадженні та інтеграції таких систем прогнозування в енергетичний комплекс.

Ключові слова: нейронні мережі, прогнозування, LSTM, PHM, споживання електроенергії.

Вступ. Впровадження і експлуатація інтелектуальних лічильників електроенергії та засобів її виробництва дає можливість накопичувати та використовувати великі масиви даних про споживання електроенергії. Такі показники можливо представити у виді багатовимірного часового ряду, який може використовуватись як для моделювання, так і для прогнозування спожитої електроенергії на визначений термін.

Останнім часом дуже стрімко розвивається такий напрямок сфери штучного інтелекту як глибоке навчання (англ. Deep learning). Основні засоби цього напрямку – нейронні мережі (НМ). Розроблені алгоритми аналізу даних на основі нейронних мереж визначається ефективністю та універсальністю і дозволяють вирішувати широкий спектр задач.

Мета дослідження. На основі інтелектуального аналізу часових даних з використанням нейронної мережі визначити прогноз споживання електричної енергії.

Матеріали і результати дослідження. Для побудови прогнозу на основі часових даних часто використовують такий алгоритм НМ як довга короткочасна пам'ять (в англійській літературі LSTM – Long Short Memory



Term). Далі у цій статті буде використовуватись скорочення ДКП. ДКП є типом рекурентної нейронної мережі (РНМ). ДКП здатна виявляти та навчатися довгостроковим зв'язкам даних. Такий тип глибокої мережі був запропонований вченими у сфері нейронних мереж Зеппом Хохрайтером та Юргеном Шмідхубером ще у 1997 році [1]. Впродовж наступних років конструкцію розробленого ними алгоритму доповнювали та модифікували і зараз ним користуються у дещо іншому виді, порівняно із представленим його винахідниками. ДКП відрізняється від класичних алгоритмів РНМ більш складною будовою, яка включає в себе чотири взаємодіючі шари [2]. Будова одного з блоків такої мережі представлена на рисунку 1.

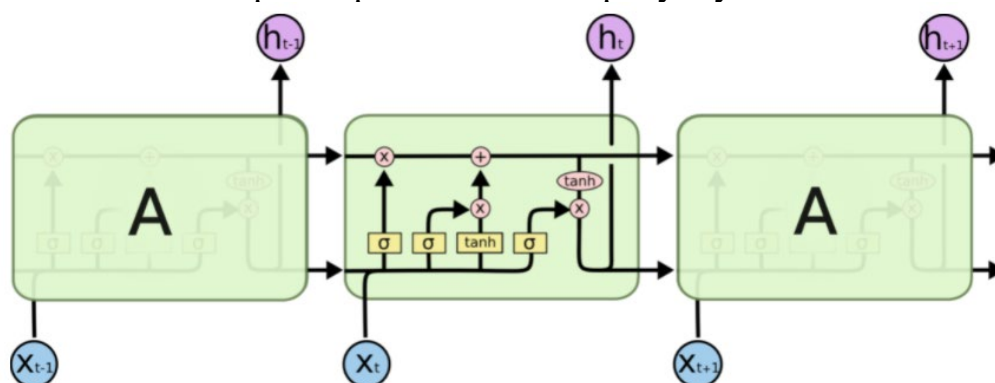


Рис. 1 – Структура блоку ДКП в ланцюзі з декількох послідовно з'єднаних блоків

Елементи блоку, зображені на малюнку вище, інтерпретуються так (рисунок 2):

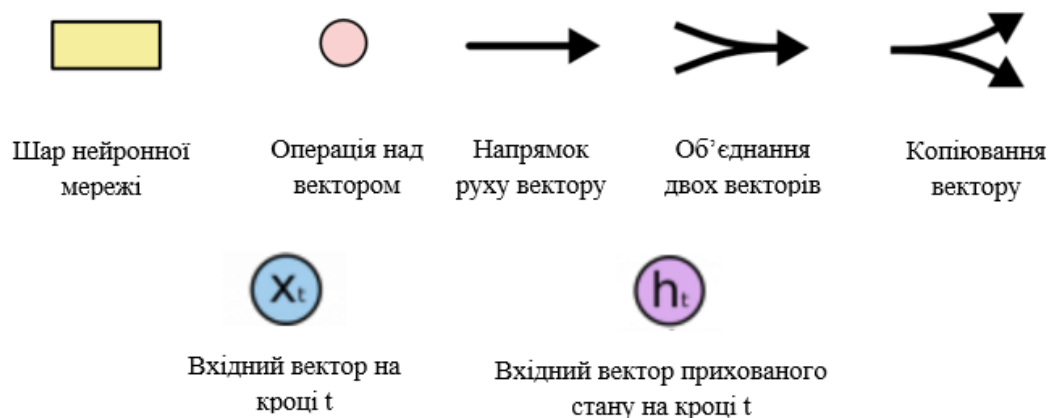


Рис. 2 – Елементи блоку та їх інтерпретація

Ключовою відмінністю у будові блоку ДКП відносно блоку типової РНМ є верхній канал, що дозволяє зберігати важливий довгостроковий контент, який при проходженні по ланцюгу з блоків мережі змінюється, завдяки незначним лінійним перетворенням.

Перша дія, яка виконується над вектором довгострокового контенту в рамках блоку – поелементне множення C_{t-1} на деякі значення. Друга дія – поелементне додавання. Після цих операцій формується вектор C_t на поточному кроці. Графічне представлення на рисунку 3.

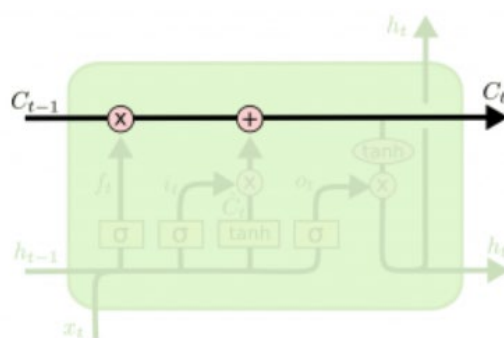


Рис. 3 – Верхній канал блоку ДКП

Операція множення вектора довгострокового контенту у рамках блоку – це поелементне множення C_{t-1} (вектор контенту з попереднього блоку) на вектор f_t , який формується шаром фільтра забування (forget gate layer) блоку ДКП. Фільтр забування, зображений на рисунку 4, являє собою повнозв'язний шар НМ із сигмоїдальною функцією активації.

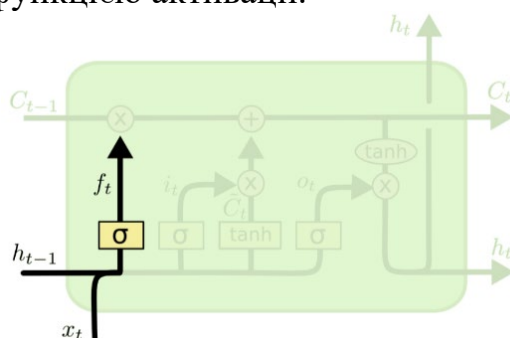


Рис. 4 – Шар фільтра забування у блоці ДКП

Математично отримання вектору f_t можна записати так:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f), \quad (1)$$

де: W_f – вагові коефіцієнти НМ, $[h_{t-1}, x_t]$ – об'єднаний вектор, що подається на вхід НМ, b_f – коефіцієнт зміщення (bias), $\sigma(\)$ – сигмоїдальна функція активації.

Вектор b_f , сформований на виході із НМ, має ту ж саму розмірність що і вектор C_{t-1} , та включає в себе значення від 0 до 1. Саме поелементне множення вектора контенту на дані значення визначає, які дані будуть «забуватись», а які залишатись майже без змін. Цю концепцію легше зрозуміти, якщо мати на увазі факт, що вагові коефіцієнти W_f під час навчання мережі за допомогою методу зворотного розповсюдження помилки (back propagation error) налаштовуються таким чином, щоб малоінформативний контент мав менші коефіцієнти, а інформативний – більші.



Друга дія – поелементне додавання вектора a_t , сформованого шляхом поелементного множення векторів i_t та $\check{C}_t$, що графічно представлено на рисунку 5, до вектора довгострокового контенту C_{t-1} , який уже має в собі інформацію внесену фільтром забування.

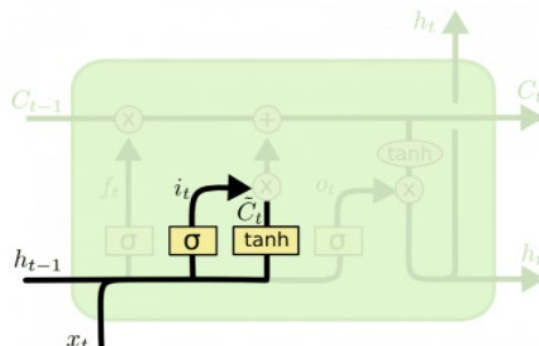


Рис. 5 – Частина блоку ДКП, яка призначена для запам'ятовування нового контенту

Вектор i_t формується шаром вхідного фільтра (input gate layer) та несе у собі інформацію про оновлення значень у проміжному векторі $\check{C}_t$. Останній формується шаром нейронної мережі із функцією активації гіперболічного тангенсу, що видає вектор зі значеннями від -1 до 1. Математично вектори i_t та $\check{C}_t$ та сформований ними a_t , можна виразити наступним чином:

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (2)$$

$$\check{C}_t = th(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (3)$$

$$a_t = i_t \otimes C_t \quad (4)$$

Таким чином реалізований механізм внесення нової важливої інформації. Після цих операцій формується вектор C_t , який являється масивом контенту поточного блоку.

Останньою важливою складовою блоку ДКП, є формування масиву прихованого стану h_t , який далі буде подаватись до наступного блоку НМ. Графічно можна це відобразити так (рисунок 6):

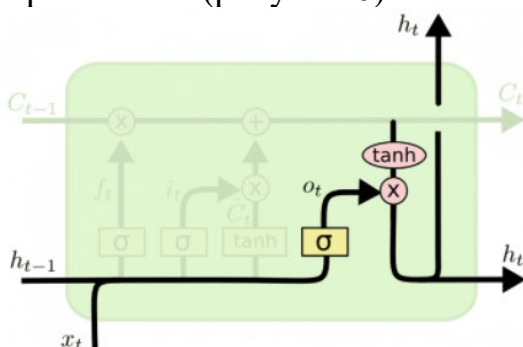


Рис. 6 – Формування вектора h_t



Фактично відбувається наступне: спочатку вектор C_t нормується функцією гіперболічного тангенсу, а потім поелементно множиться на оціночний вектор o_t . Математично можна записати так:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (5)$$

$$h_t = o_t \cdot th(C_t) \quad (6)$$

Робота нейронної мережі ДКП демонструє ефективність даної конструкції для вирішення таких задач як класифікація, аналіз тональності тексту (sentiment analysis), прогнозування часових рядів та інше. У контексті останньої задачі, такий алгоритми може бути використаний для прогнозування споживання електричної енергії. Далі продемонстровано приклад застосування ДКП для вирішення задачі інтервального прогнозування споживання електричної енергії окремим домогосподарством.

Для цього було використано набір даних про споживання електричної енергії домогосподарством [3]. Ці дані були зібрані за п'ятирічний період. Значення знімалися похвилинно. Окрім дати та часу, в даному масиві є такі змінні:

- загальна активна потужність, що споживається господарством (в кіловатах);
- загальна реактивна потужність, що споживається господарством (в квар);
- середня напруга (у вольтах);
- середнє значення струму (у амперах);
- енергія, що споживається у кухні (у ватт-годинах енергії);
- енергія, що споживається пральною (у ватт-годинах енергії);
- енергія, що споживається системою клімат-контроль (у ватт-годинах енергії).

Аналіз цих даних було реалізовано за допомогою мови програмування Python та бібліотеки для глибокого навчання нейронних мереж Keras.

Розглянутий вище набір можна використати для відповіді на таке питання: «враховуючи поточний рівень споживання, яке споживання можна спрогнозувати на тиждень вперед?»

Для відповіді на це питання та демонстрації роботи розглянутого типу НМ, була обрана відносно проста модель ДКП, яка трансформує загальне щотижневе споживання електроенергії і виконує прогноз енергоспоживання на тиждень вперед. Метрикою погрішності моделі була обрана середньоквадратична похибка (англ. RMSE - Root Mean Square Error), яка часто використовується у подібних моделях [4]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}, \quad (5)$$

де: Y_i - істинні значення цільової змінної на i -х даних; $\hat{Y}_i$ - прогнозоване значення цільової змінної на i -х даних.

В якості оптимізатора для НМ був обраний алгоритм ADAM (adaptive moment estimation), що також є одним з популярних градієнтних методів



оптимізації.

Тестування складеної моделі показали, що цілком достатньою кількістю епох для навчання мережі – п'ятдесят, а кількість нейронів – 200. Така конфігурація дозволяє навчати алгоритм відносно швидко. Компіляція займає приблизно п'ять хвилин на простому комп'ютері.

Технічні аспекти реалізації ДКП в даній статті розглянуті не будуть, так як ця тема достатньо широка.

У ході виконання програми для прогнозування споживання електричної енергії господарством виявлені невеликі розбіжності між фактичними та спрогнозованими показниками споживання, які за метрикою RMSE у ватах мають такі значення:

- Понеділок – 387,6 Вт.
- Вівторок – 401,6 Вт.
- Середа – 330,6 Вт.
- Четвер – 368,1 Вт.
- П'ятниця – 366,3 Вт.
- Субота – 321 Вт.
- Неділя – 414 Вт.

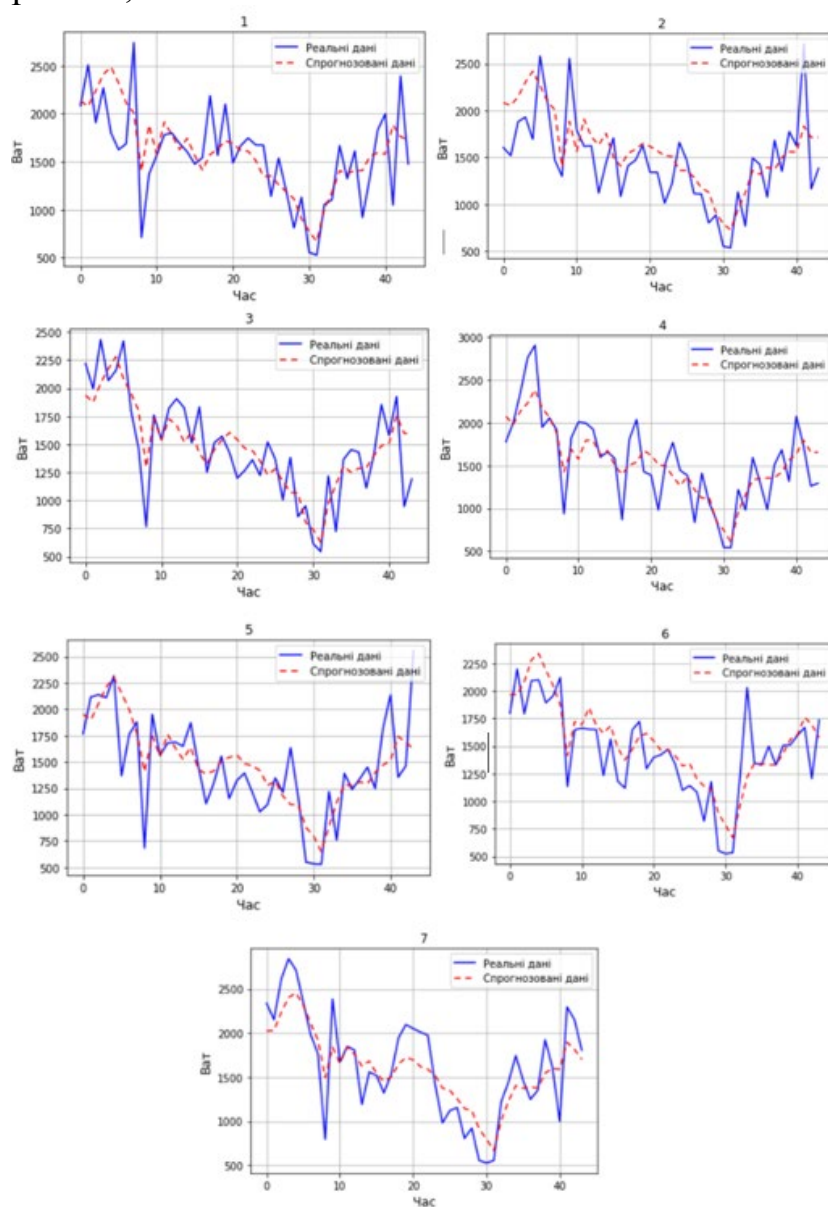


Рис. 7 – Графіки фактичного та прогнозованого споживання енергії за 7 днів тижня



Середні розбіжності за тиждень – 371,275 Вт, тобто така точність дозволяє використовувати цей алгоритм для прогнозування споживання, що і було зроблено терміном на тиждень.

Результати розрахунків фактично спожитої та спрогнозованої енергії показані на рисунках 7, де представлено сім графіків для кожного дня тижня.

Номер графіка вказує на день тижня (з понеділка по неділю відповідно). По осі абсцис відкладено 48 точок (відображаються дані через кожні 30 хвилин), по осі ординат потужність у ватах.

Аналіз графіків показує, що алгоритм з достатньою точністю виявив форму кривої, але піки прогнозуються вже не так точно. Для покращення отриманого прогнозу можна ускладнити модель, застосувавши більш ресурсозатратні алгоритми інтелектуального аналізу даних. Та все ж можна констатувати, що навіть проста та відносно легка для обчислень на простому комп'ютері ДКП змогла дати прийнятний результат, обробивши достатньо великий масив даних, що включає в себе біля двох мільйонів знятих показників.

Висновки. Застосування інтелектуальних методів аналізу даних, навіть на рівні окремих домогосподарств, дозволить як контролювати значення спожитої електроенергії, так і прогнозувати її споживання на визначений термін, що призведе до підняття ефективності процесу виробництва і споживання електричної енергії. Це має позитивно вплинути не тільки на структури, що генерують і передають електричну енергію, а також і на кінцеву ціну для споживача у рамках енергосистеми.

Література:

1. «An Empirical Exploration of Recurrent Network Architectures». Retrieved from <http://proceedings.mlr.press/v37/jozefowicz15.pdf>
2. Використані ілюстрації та інформація доступні за джерелом URL. Retrieved from <https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/>
3. Набір даних доступний за посиланням URL. Retrieved from <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/individual+household+electric+power+consumption>
4. «What does RMSE really mean?» Retrieved from <https://towardsdatascience.com/what-does-rmse-really-mean-806b65f2e48e>
5. Джерело з основою реалізації алгоритму на мові Python. Retrieved from <https://machinelearningmastery.com/how-to-develop-lstm-models-for-multi-step-time-series-forecasting-of-household-power-consumption/>

Abstract. The article is devoted to the topic of intellectual analysis of time series data with using neural network and building a forecast on its basis.

In the introductory part information about modern systems for capturing indicators of electricity consumption and their ability to accumulate this data is presented. Also in this part is writed about the development of deep learning and algorithms of neural networks.

In the main part of the article the main components of the neural network algorithm are briefly outlined. This algorithm is called LSTM (Long short-term memory), and forecast of electrical energy consumption will be constructed with it help. Then the data set "household power consumption" for the neural network training and it's configuration are described. Neyral algorithm is realised by using Python 3.6 programing language and Keras library. As the



observational results of the study, the graphs of the real level of energy consumption and predicted for seven days of the week are combined. Also the errors in the forecast according to the selected Root Mean Square Error metric are presented.

In the conclusion the resulting graphs are analyzed. Advantages and opportunities in case of implementation and integration such analysis systems to the energy complex are viewed.

Keywords: *neural networks, prediction, LSTM, RNN, power consumption.*

Стаття відправлена: 18.12.2021 р.

© Буслова Н.В., Тищенко Я.І.



УДК 681.326

**SYNTHESES OF TEMPORAL MACHINES WITH OPERATIONAL
TRANSFORMATION OF STATE CODES**
**СИНТЕЗ ЧАСОВИХ АВТОМАТІВ З ОПЕРАЦІЙНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ КОДУ
СТАНІВ**

Мірошник М.А. / Мирошник М.А.*д.т.н., проф. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-2231-2529

*Харківський національний університет ім.В.М.Каразіна, Харків, майдан Свободи, 4, 61022**Харьковский национальный университет им.В.Н.Каразина,**Харьков, площадь Свободы, 4, 61022***Зайченко О.Б. / Зайченко О.Б.***к.т.н., доц. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-4936-278

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, пр.Науки, 14, 61166**Харьковский национальный университет радиоэлектроники,**Харьков, пр.Науки, 14, 61166***Мірошник А.М. / Мирошник А. М.***аспірант / аспирант*

ORCID: 0000-0001-5702-9611

*Національний технічний університет ХПИ, Харків, вул.Кирпичова, 2, 61002**Национальный технический университет ХПИ, Харьков, ул.Кирпичная, 2, 61002***Зайченко Н.Я. / Зайченко Н.Я.***аспірант / аспирант*

ORCID: 0000-0001-9798-7136

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Науки, 14, 61166**Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Науки, 14, 61166***Пахомов Ю.В. / Пахомов Ю.В.***к.т.н. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-2267-8600

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,**Харків, вул. Маршала Бажанова, 17, 61002**Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова,**Харьков, ул. Маршала Бажанова, 17, 61002***Деменкова С.Д. / Деменкова С.Д.**

ORCID: 0000-0003-0604-5456

*Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут,**Харків, вул. Кирпичова, 2, 61002*

Анотація. У роботі розглядається актуальна наукова проблема розробки методів, спрямованих на зниження апаратних витрат у логічній схемі кінцевого автомата, що вирішується шляхом адаптації схеми кінцевого автомата (кінцевого автомата) до характеристик реалізованого алгоритму керування. Об'єктом дослідження процес оптимізації схем кінцевих автоматів. Предметом дослідження є моделі та методи синтезу кінцевих автоматів, спрямовані на зниження апаратних витрат у схемі машини. Дослідження засноване на систематичному аналізі результатів сучасних теоретичних та прикладних розробок вітчизняних та зарубіжних учених у галузі цифрових пристроїв управління. Теоретична новизна відрізняється тим, що запропонований спосіб вибору констант в операціях переходів робочих станів на основі визначника матриці. Практична новизна полягає в реалізації в Quartus поведінковим методом, із заміною логіки наступного



стану та логіки виходу процесом, що реалізує умовні переходи згідно з розрахованими раніше арифметичними операціями, які пов'язують між собою сусідні стани-вершини граф-схеми алгоритму.

Ключові слова: операційне перетворення кодів станів, кінцеві автомати, кінцевий автомат, мова опису обладнання, VHDL, часові автомати, програмована вентильна матриця, FPGA, графова схема алгоритму, граф-схема алгоритма

Вступ.

У зв'язку з інтелектуалізацією вимірювальної техніки змінюється елементна база та розширюються межі знань інженерів-метрологів [1]. Наприклад, при проектуванні пілотажних та навігаційних систем інформаційно-вимірювальні системи вимагають великого обсягу обчислень та продуктивності. Сучасна елементна база дуже різноманітна. Це мікроконтролери та мікрокомп'ютери, промислові контролери та програмовані логічні матриці (ПЛІС). Ця доповідь присвячена розвитку теорії ПЛІС. Раніше до появи ПЛІС вже існували пристрої управління такі як кінцеві автомати. Теорія кінцевого автомата заснована на таблиці переходів, діаграмі станів з вершинами станів, для мінімізації логічних функцій використовуються карти Карно. З появою ПЛІС, пристрої управління зберегли теорію, їх просто почали реалізовувати мовами опису апаратури VHDL на ПЛІС цими теоретичними методами. Очевидно, що зменшення кількості елементів спрямоване на підвищення надійності та зниження витрат на продукцію. Зменшити кількість логічних елементів можна за допомогою мікропрограмних композиційних пристроїв [2]. Пристрій композиційного мікропрограмного управління побудовано з використанням структурної композиції кінцевого автомата та мікропрограмного управління. На відміну від мікропрограмного блоку управління на краще за рахунок відсутності умовних та безумовних переходів, але є й недоліки. Композиційний мікропрограмний блок управління ефективний для лінійної граф-схеми алгоритму, що містить не менше 75 відсотків операторних вершин від загальної кількості вершин [3].

Методи оптимізації апаратних витрат, які відомі сьогодні, обмежені тим, що код стану автомата розглядається як біт-вектор, а його перетворення при виконанні мікропрограмних переходів здійснюється за допомогою кількох систем булевих рівнянь. Недостатність теоретичних досліджень в напрямку неканонічної реалізації функції переходів МПА унеможливорює використання цього підходу для оптимізації витрат апаратури при проектуванні цифрових пристроїв, тому існує наукова проблема, яка полягає у розробці теоретично обґрунтованої методології синтезу мікропрограмних автоматів, спрямованої на зменшення апаратних витрат в логічній схемі МПА за рахунок використання спеціальних структурних рішень, що дозволяють адаптувати структуру МПА до характеристик алгоритму керування імплементовано автоматом [4].

Сучасним елементним базисом для реалізації логічної схеми МПА є програмувальні логічні інтегральні схеми (ПЛІС), до яких належать мікросхеми типу FPGA, CPLD, SoPC та інші. Висока щільність логічних вентилів на кристалі ПЛІС дозволяє реалізувати на базі одного чипа пристрій керування, операційний пристрій, цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі, фільтри та інші частини складної цифрової системи. Як і для попередніх базисів



реалізації цифрових систем, у випадку ПЛІС виникає проблема оптимізації характеристик окремих блоків. Вирішення цієї проблеми дозволяє збільшити функціональні можливості системи в рамках однієї мікросхеми ПЛІС. Таким чином, проблема розробки ефективних методів синтезу цифрових систем в цілому та МПА зокрема є актуальною [4].

Основою досліджень, представлених в роботі, є праці вітчизняних та закордонних вчених і фахівців, таких, як [5-11], які внесли відчутний внесок у розв'язок проблеми оптимізації апаратних витрат у мікропрограмних автоматах.

1. Принципи операційного перетворення кодів станів

Підхід до побудови функції переходів мікропрограмного автомата зумовив такі принципи [12]:

1. Структурні коди станів та входних сигналів отримують деяку інтерпретацію скалярну або векторну, на основі якої для станів та входних сигналів формуються спеціальні проміжні коди.

2. При використанні кодів проміжного стану та входних сигналів автоматичний перехід (перетворення поточного коду стану на код наступного стану) розглядається як виконання деякої операції (операція переходів) над кодом поточного стану та кодом входного сигналу.

3. На множині переходів автомата виділяється підмножина, для якого всі переходи реалізуються за допомогою однієї операції переходів, визначеної на наборах кодів проміжного стану та входних сигналів.

4. Структурна реалізація операції переходу є логічною схемою, яка дозволяє виконувати перетворення структурних кодів станів і входних сигналів, еквівалентне перетворенню відповідних кодів проміжного стану і входних сигналів з використанням цієї операції переходу.

5. У загальному випадку існує кілька наборів переходів підмножин автоматів, у кожному у тому числі: структурні коди станів і входні сигнали інтерпретуються незалежно від інших підмножин переходів; проміжні коди станів та входні сигнали формуються незалежно від інших підмножин переходів; всі переходи реалізуються у вигляді однієї операції переходів, визначених наборах кодів проміжних станів і входних сигналах цих підмножин переходів; апаратні витрати в логічній схемі, що реалізує операцію переходів, не залежать (або незначно залежать) від кількості переходів у цій підмножині.

6. Переходи, що не належать жодному з освічених підмножин, реалізуються канонічним чином згідно з системою булевих рівнянь.

7. Структурний синтез автомата можливий лише у разі унікальності кодів структурного стану та входних сигналів.

Ці принципи формулюються за допомогою математичного апарату теорії універсальних алгебр, згідно з яким механізм реалізації автоматичних переходів заснований на спеціальній інтерпретації та обробці структурних кодів станів та входних сигналів, представлених проміжною алгеброю переходів. Оскільки у проміжній алгебрі роль перетворювача коду стану виконує деяка одна операція, цей підхід назовемо принципом операційного перетворення коду стану. Цей принцип відрізняється від класичного підходу, у



якому використовуються правила для перетворення кодів станів та вхідних сигналів, які не залежать від їх конкретних значень. Реалізацію перехідної функції мікропрограми відповідно до принципу операційного перетворення кодів станів називають операційною реалізацією перехідної функції

2. Зв'язок лінійної алгебри з операційним перетворенням кодів

Розглянемо найпростіший приклад [1]. Він був вирішений традиційним способом (рис.1,2), що необхідно для порівняння. Ми збираємося розробити контролер торгового автомата. Контролер торговельного автомату продає пляшки із водою за 75 центів. Щойно буде запроваджено достатню суму грошей, торговий автомат видасть пляшку води. Діаграма станів запропонованого прикладу представлена на рис.1.

Вирішення задач теорії електричних кіл автоматичного управління має таку послідовність дій: по-перше, система представлена у вигляді орієнтованого графа, яку вирішують і потім одержаний результат інтерпретується для вихідного процесу у первинній системі [12–17].

Після третій монети видається пляшка (рис. 2)

Зв'язок між орієнтованими графами та системою лінійних рівнянь алгебри використовується в перетворювачах коду робочого стану в мікропрограмах машинах.

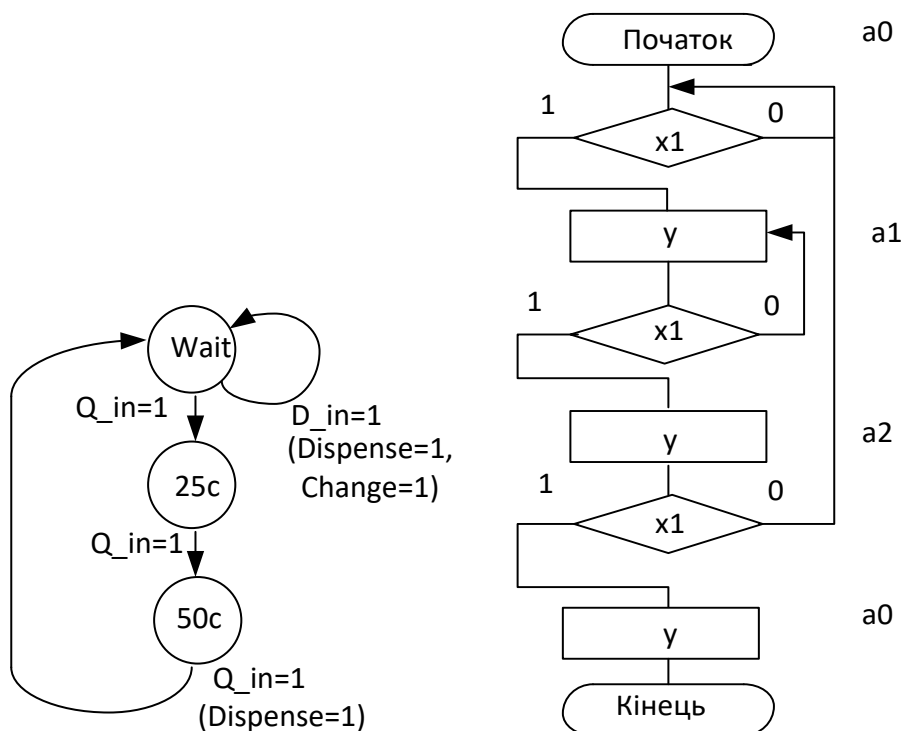


Рисунок 1 – Діаграма станів торгового автомата [1] та граф-схема алгоритму (ГСА) з кодами станів та переходами

У лінійній алгебрі систему рівнянь вирішують через зворотну матрицю. У цьому прикладі є особливості як умовних переходів. Розглянемо такий приклад [1] як торговий автомат з погляду графічної схеми алгоритму (ГСА) та лінійної алгебри.

Основна ідея нового підходу полягає у наступному. Нехай автомат задається графічною схемою алгоритму, показаного на рис.3.

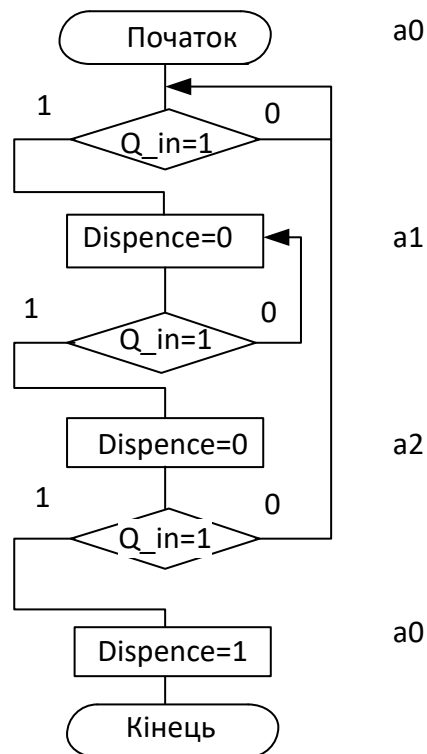


Рисунок 2 - У прикладі пляшка видається після третьої монети

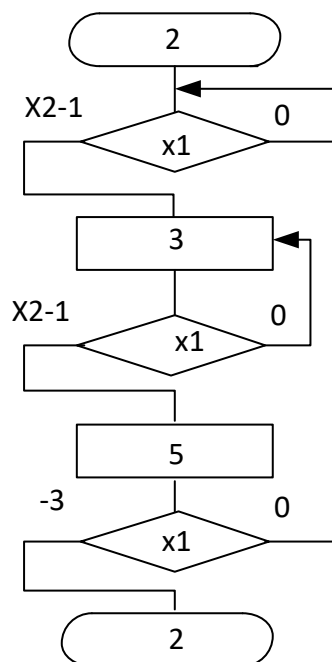


Рисунок 3 - Граф, що відповідає граф-схемі алгоритму з кодуванням станів та переходів [2]

Дана граф схема алгоритму містить 3 стани, для кодування яких достатньо двох двійкових цифр

$$\begin{cases} a_1 = 2 \cdot a_0 - t_2 \\ a_2 = 2 \cdot a_0 - t_2 \\ a_0 = a_2 - t_1 \end{cases} \quad (1)$$

де



$$\begin{aligned} O_1 : K(a^{t+1}) &= 2 \cdot a^t - 1_{10} \\ O_2 : K(a^{t+1}) &= a^t - 3_{10} \end{aligned} \quad (2)$$

Це означає, що першу операцію можна розділити на дві

$$\begin{aligned} O_{1-0} : K(a^{t+1}) &= 2 \cdot a^t - 1_{10} \\ O_{1-1} : K(a^{t+1}) &= 2 \cdot a^t - 0_{10} \end{aligned} \quad (3)$$

Рівняння (1) переписується як у класичній лінійній алгебрі

$$\begin{cases} -2a_0 + 1 \cdot a_1 + 0 \cdot a_2 = -1 \\ 0 \cdot a_0 - 2 \cdot a_1 + 0 \cdot a_2 = -1 \\ 1 \cdot a_0 + 0 \cdot a_1 - 1 \cdot a_2 = -3 \end{cases} \quad (4)$$

і те ж рівняння (1) у матричній формі

$$\begin{bmatrix} -2 & 1 & 0 \\ 0 & -2 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Система рівнянь вирішується в MathCad. Рішення узгоджується із прикладом (рис.3)

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & 1 & 0 \\ 0 & -2 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 5 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Ми кодуємо стани унікальними кодами, як показано на рисунку 4. Тут у кожній вершині графічної схеми алгоритму, що відповідає окремому стану, вказаний відповідний десятковий код стану (2,3,5), відповідний двійковий еквівалент (010, 011, 101) може бути легко виведений за допомогою інтерпретація двійкового коду VHDL як цілого числа без знака.

Кожна гілка граф-схеми алгоритму, що відповідає переходу з одного стану до іншого, позначена деякою операцією (рис.3). Виконання цієї операції на коді поточного стану дозволяє отримати код переходу. Наприклад, перехід зі стану а2 стан а3 виконується операцією множення на 2 і віднімання 1, зворотний перехід зі стану а3 в стан а0 виконується операцією віднімання 3.

У розглянутому прикладі для реалізації всіх переходів достатньо граф-схеми алгоритму для двох операцій, які визначаються виразами (1)-(3) та перетворюють код поточного стану. Операції О1 та О2 є арифметичними.

Важливою особливістю цих операцій є те, що схемна реалізація кожної з них залежить тільки від коду стану та не залежить від кількості автоматичних переходів, реалізованих з його використанням у межах даної граф-схеми алгоритму. Очікується, що апаратні витрати на реалізацію 500 переходів канонічним способом за системою булевих рівнянь будуть вищими, ніж витрати на арифметичні операції.

Цей приклад демонструє, що набір переходів мікропрограмного автомата може бути реалізований не канонічно за допомогою системи булевих рівнянь, а за допомогою кінцевої кількості арифметичних та логічних операцій. Це



дозволяє побудувати схему формування переходів як набору комбінаційних схем (функціональних блоків), апаратна вартість яких залежить від кількості реалізованих автоматичних переходів при заданому биті коду стану. Цей метод може допомогти знизити витрати.

Висновки

Теоретична новизна запропонованого підходу відрізняється тим, що запропонований спосіб вибору в операціях переходів робочого стану констант, кратних визначнику матриці. Практична новизна полягає у реалізації у VHDL поведінковим методом, із заміною логіки наступного стану та логіки виходу процесу реалізує умовні переходи згідно з розрахованими раніше арифметичними операціями, які пов'язують між собою сусідні стани-вершини граф-схеми алгоритму Перспективою дослідження є структурний підхід у реалізації програмно-апаратних тимчасових автоматів із операційним перетворенням кодів станів.

Список літератури

1. Miroshnik M.A. Synthesis of firmware temporal automata with operational transformation of state code. / Miroshnyk, M., Zaichenko, O., Zaichenko, N., Miroshnyk, A. / Published in: 2021 XXXI International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), Date Added to IEEE Xplore: 19 November 2021.
2. LaMeres, J.B., 2019. Introduction to Logic Circuits and Logic Design with VHDL. Springer, pp: 503.
3. Sklyarov, V., I. Skliarova, A., Barkalov and L. Titarenko, 2014. Synthesis and Optimization of FPGA-based Systems. Springer Science and Business Media, pp: 324.
4. Бабаков Р.М, Автореферат дисертації Структури та методи синтезу кінцевих автоматів з операційним перетворенням кодів станів / Харків: ХНУРЕ, 2021, 42 с.
5. Rawski, M., Tomaszewicz, P., Borowik, G., & Łuba, T. (2011). 5 logic synthesis method of digital circuits designed for implementation with embedded memory blocks of FPGAs. In Design of Digital Systems and Devices (pp. 121-144). Springer, Berlin, Heidelberg. DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-642-17545-9_5
6. Wiśniewski, R., Wiśniewska, M., & Adamski, M. (2016). Effective partial reconfiguration of logic controllers implemented in FPGA devices. In Design of Reconfigurable Logic Controllers (pp. 45-55). Springer, Cham.
7. Tang, X., Giacomini, E., De Micheli, G., & Gaillardon, P. E. (2018). FPGA-SPIICE: A simulation-based architecture evaluation framework for FPGAs. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, 27(3), 637-650.
8. Milik, A., Kubica, M., & Kania, D. (2021). Reconfigurable Logic Controller—Direct FPGA Synthesis Approach. Applied Sciences, 11(18), 8515.
9. Avedillo, M. J., Barriga, A., Acasandrei, L., & Calahorra, J. M. (2016). Hardware-software embedded face recognition system.
10. Villa, T., Kam, T., Brayton, R. K., & Sangiovanni-Vincentelli, A. L. (2012). Synthesis of finite state machines: logic optimization. Springer Science &



Business Media.

11. Kam, T., Villa, T., Brayton, R. K., & Sangiovanni-Vincentelli, A. L. (2013). Synthesis of finite state machines: functional optimization. Springer Science & Business Media.

12. Рожкова Д.А., “Моделирование систем линейных алгебраических уравнений в Simulink,” Материалы V Международной научно-практической конференции Молодежь. Наука. Инновации, 2012, Часть 1. С. 204-207.

13. Zaichenko O., Miroshnyk M., Galkin P., 2019. Signal Flow Graph for Optimizing of Mutual Sensors Reflection in the Multiprobe Microwave Multimeter. 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), pp. 200-204.

14. Zaichenko O., Galkin P., Zaichenko N., Miroshnyk M., 2020. Six-port Reflectometer with Kalman Filter Processing of Sensor Signals, 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), pp. 55-58.

15. Miroshnyk M., Shkil O., Rakhlis D., Filippenko I., Kulak E., Miroshnyk A., 2020. Testable design of control digital automatic machines. 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), pp. 1-6.

16. Miroshnik M.A. Multiprobe microwave multimeter signals iterative processing. / Zaichenko, O., Miroshnyk, M., Zaichenko, N., Miroshnyk, A. / 30th International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance, MMA 2020., Date Added to Scopus 2021.

17. Miroshnik M.A. The Microwave Oven Thermal Field Uniformity Increasing by Using Powermeter. / Miroshnyk, M., Zaichenko, O., Galkin, P., Golovkina, L., Pahomov, Y. // Proceedings of the International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, CAOL, 2019, pp. 675–678, 9019550.

Abstract. *The actual scientific problem of development methods aimed at reducing of hardware expenses in the logical circuit of the finite state machine, is solved by adaptation of the finite state machine (FSM) circuit to the characteristics of the implemented control algorithm. The object of the research encompasses process of optimization of finite state machines circuits. The subject of the research is the models and methods of synthesis of finite state machines, aimed at reducing the hardware expenses in the circuit of the machine. The research is based on a systematic analysis of the results of modern theoretical and applied developments made by domestic and foreign scientists in the digital control units sphere. The theoretical novelty is distinguished by the fact that a method is proposed for choosing constants in operations for operational state transitions on the base of the determinant of the matrix. The practical novelty lies in the implementation in Quartus by the behavioral method, in contrast to the classical method .*

Key words: *operational transformation of state codes, finite state machines, FSM, hardware description language, VHDL, temporal automata, field programmable gate array, FPGA, graph scheme of algorithm, GSA.*

Стаття відправлена: 30.12.2021 р

© Мірошник М.А., Зайченко О.Б., Мірошник А.М.,
Зайченко Н.Я., Пахомов Ю.В., Деменкова С.Д.



METHODOLOGY FILLING THE VIDEO DATABASE OF WEED COMPONENTS OF AGROPHYTOCENOSES FOR THE PURPOSES OF MACHINE RECOGNITION BASED ON NEURO-NETWORK TECHNOLOGIES

МЕТОДИКА НАПОЛНЕНИЕ БАЗЫ ВИДЕОДАННЫХ СОРНЫХ КОМПОНЕНТОВ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАШИННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРО-СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Kasymov A.A./Касымов А.А.

Postgraduate/Аспирант

SPIN-код: 5612-4050

Воронежский Государственный технический университет,
г. Воронеж, Россия

Аннотация: в связи с тем, что в агробизнесе происходит повсеместное внедрения информационных систем, что за собой влечет появления большого количества данных, что в свою очередь создает потребность в методике подготовки больших данных для целей машинного распознавания на основе нейро-сетевых технологий. Для выработки методики был рассмотрен общедоступный набор видеоданных сорных компонент агрофитоценозов. на его основе были спроектированы: концептуальная, логическая и физическая модель базы данных. База данных была протестирована и показала хороший результат по скорости работы с ней.

Ключевые слова: общедоступные наборы видеоданных, проектирование баз данных, идентификация сорных компонентов.

Введение

Как показывает практика, в наши дни актуальность развития точного земледелия направлено на автоматизацию и роботизацию производственных процессов, с целью кратного повышения урожайности агро-культур. Применение новых технологий позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных посевов, а также эффективно использовать природные ресурсы и снизить отрицательное влияние на окружающую среду.

Для разработки соответствующих технологий необходимо решить ряд фундаментальных задач, направленных на разработку новых методов мониторинга сельскохозяйственных посевов с использованием результатов проксимального и дистанционного зондирования. Одной из таких задач является разработка технологий управления сорной компонентой сельскохозяйственных посевов, основанного на видеоданных оперативного мониторинга.

В современных условиях научно-технического прогресса решение задачи по идентификации и пространственной локализации (точной координатной идентификации) на пространстве сельскохозяйственного посева сорной и культурной компонент становится возможным на основе применения методов машинного обучения и интеллектуального анализ изображений, получаемым с сенсоров, расположенных на аэрокосмических и мобильных наземных платформах.

Под сорной компонентой (СК) агрофитоценозов понимают сорные растения, или сорняки. С агрономической точки зрения СК представляет собой



с одной стороны нежелательную, а с другой стороны неотъемлемую часть агрофитоценозов и в результате представляет собой один из биологических факторов, оказывающих отрицательное влияние на получения запланированного уровня урожайности. Управление СК является важной задачей в сельском хозяйстве, поскольку она конкурирует с культурной компонентой (КК), что приводит к снижению урожайности последней. Влияние СК в среднем на глобальном масштабе вызывает самые высокие потери растительной продукции (34%), за которыми уже следуют потери, вызываемые вредителями (18%) и болезнями (16%) [1].

В настоящее время гербициды являются основным средством борьбы с СК агрофитоценозов в современном сельском хозяйстве. Однако неоправданно высокое применение гербицидов приводит к высокой доле стоимости соответствующих мероприятий, что ведет к удорожанию сельскохозяйственной продукции, а также к развитию СК, устойчивых к гербицидам, и, что, еще немаловажно, к рискам загрязнения окружающей среды. Одно из направлений, позволяющее уменьшить отрицательные стороны применения гербицидов, вытекает из парадигмы точного земледелия, которое в текущий период формирует приоритеты, объединяемые в видение цифрового сельского хозяйства. Это, в свою очередь, концептуализируется в пространственно-дифференцированных методах и технологиях управления мероприятиями, проводимыми на сельскохозяйственном поле. Для этого разрабатываются методы сбора, обработки и анализа массивов слоев геоданных, предназначенных для характеристики посевов сельскохозяйственных культур, корнеобитаемого слоя почвенного покрова, а также метеопрогноза. На заключительном этапе обработки указанных слоев геоданных рассчитываются картограммы пространственно-дифференцированных параметров реализации соответствующего мероприятия/воздействия на конкретном сельскохозяйственном поле.

В связи со сложностью процесса межкультурного взаимодействия сорных культур требуется применение современных методов и инструментальные средства прикладной информатики для автоматизации и информатизации решения прикладных задач:

Проектирования информационных процессов и системы с использованием инновационных инструментальных средств,

Развития методов научных исследований

Развитие инструментария в области проектирования

Управление информационными системами в аграрных научно-исследовательских институтах и университетах.

Для целей идентификации и распознавания сорных компонентов требуется использовать технологию «компьютерного зрения», для обучения которой уже созданы [2] достаточно большой набор видеоданных.

Актуальность использования технологий мониторинга и вмешательства заключается в возможности повышения эффективности производства при снижении воздействия на окружающую среду. Технологии компьютерного зрения, использующие цифровые изображения для интерпретации понимания



мира, способна предоставлять точную информацию о сельскохозяйственных культурах и их среде обитания.

Подготовка наборов исходных данных для решения задач в области компьютерного зрения

Подготовка набора данных для наполнения базы видеоданных сорных компонент агрофитоценозов для целей машинного распознавания на основе нейро-сетевых технологий не является тривиальной из-за усилий и затрат, необходимых для получения изображений, категоризации и аннотации, а также в некоторых случаях их морфометрических изменений.

Достижения в области видео технологий открыли возможности использования сенсоры в полевых условиях в реальном времени для экономичного сбора данных, невозможного до недавнего времени. Эти достижения включают разработку и принятие стандарта последовательной связи IEEE 1394 (IEEE, 1995) в качестве средства передачи видеосигнала с камеры на компьютер. Компонентная разработка программного обеспечения способствует повторному использованию программных объектов и стандартных интерфейсов между устройствами ввода, такими как видеокамеры и компьютеры. высокоскоростные компьютеры позволяют обрабатывать видеоданные в реальном времени.

Поиск изображений на основе их содержимого исключает взаимодействие человека, а размещение тегов выполняется автоматически [3]. Этот процесс основан на извлечении показателей или характеристик контента, который используется для выполнения индексации и поиска определенного объекта представлен на рисунке 1.

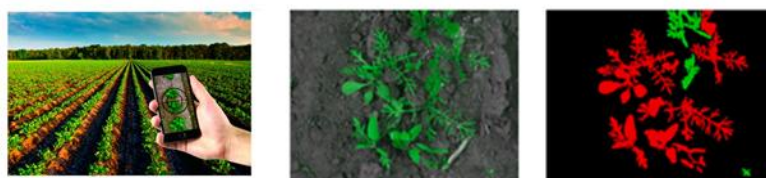


Рисунок 1 – Поиск определенного объекта

Основной проблемой в этом процессе является создание функций, которые действительно представляют данные, и, следовательно, создание классификатора для правильной идентификации анализируемых данных [4].

Процесс распознавание сорных компоненты и отличие от культурных компонентов используют оптические датчики во время уборки урожая. Машинное зрение эффективно обнаруживает растений сорные компоненты и измерения расстояния между растениями по видеозаписям рядков сельскохозяйственных культур [5].

Часто важным этапом обработки изображений в системах сбора полевой информации на основе машинного зрения проводится анализ формы листьев или кроны растений на полевых изображениях [6]. Одним из способов использования информации, полученной в результате такого анализа, была классификация сорняков и сельскохозяйственных культур для систем селективного или переменного внесения данных [7].



Для качественной классификации растений требуется объединить информацию о форме с такими параметрами как, цвет, и геометрия посадки.

Анализ форм растений на всех стадиях создаёт проблемы, с которыми сталкивается компьютерное зрение при анализе форм растений:

Существует множество размеров растений из-за различий во времени появления всходов;

Проекционный вид в надир может иметь существенные различия по размеру и форме в зависимости от листа;

В ряду культурных растений могут существовать сорняки, что требует классификации растений и сорняков;

Могут существовать значительные различия в расстоянии между культурными растениями.

Для растений структура рядов может использоваться для классификации растений вне ряда, но изменчивость междурядного расстояния между растениями ограничивает возможность использования этой информации для оценки следующего растения в ряду. Несмотря на эти проблемы, машинное зрение имеет хороший потенциал для определения популяции культурных, сорных растений и междурядий.

Модели компьютерного зрения научили идентифицировать объекты на изображении настолько точно, что некоторые из них могут превзойти людей по некоторым наборам данных. Аннотации объектов, использующих машинное зрение, является критически важной системой в сельском хозяйстве и при отключении их, производительность заметно падает, создавая проблемы с надежностью [8].

Проблемой, с которой сталкивается компьютерное зрение что при использовании контролируемого глубокого обучения, является большое количество и разнообразие аннотированных изображений, необходимых для автоматического обнаружения важных функций для распознавания, обнаружения и сегментации объектов [9].

Методы формирования наборов данных

В данный момент нейронные сети стали очень востребованы, так как они дают возможность решать трудоемкие задачи, которые требуют высококвалифицированные кадры, а также позволяет улучшать уже существующие решения. Важную роль играет в ходе работы с нейронными сетями является этап обучения. От данного этапа зависит получаемая достоверности работы в решении поставленной задачи. С Целью четкого также высококачественного обучения следует обладать необходимым и уже заранее подготовленным набор данных. Главной проблемой становиться поиск подходящего набора данных для обучения нейронной сети, особенно для частных задач.

Поиск подходящего набора данных не каждый раз приводит к положительному результату, в связи с этим приходится самостоятельного производить сбор данных и формировать нужные для обучения нейронных сетей выборки. Таким образом, актуальность этой проблеме добавляет нехватка данных, особенно ярко это наблюдается для глубоких нейронных сетей, так как они очень требовательны к огромному объему данных для сходимости



обучения

Важным этапом является процесс подготовки набора данных, который в результате является обработанным набор очищенных данных, которые пригодны к обработки алгоритмами машинного зрения. Набор данных необходимый для обучения модели нейронной сети, которые будут использоваться в конкретных задачах [10]. Если рассматривать набор данных для использования в машинном обучении, то это подвергнутые обработке, а также структурированные данные в табличном варианте, где строки являются названием объекта, а столбцы признаками.

Первичный набор исходных данных принято называть генеральной совокупностью. Процесс формирования выборок из генеральной совокупности называется порождение данных. Выборка – это конечное подмножество элементов генеральной совокупности, изучив которое можно понять поведение исходного множества [11]. Главное в формировании выборок – ни в коем случае не объединять тестовый и валидационные наборы данных, поскольку это грозит переобучением модели. В этом случае модель получит высокие оценки качества в процессе тренировки, но не покажет такого результата на реальных данных.

Необходимые этапы обучения набор данных:

- Выборка для обучения;
- Выборка для тестов;
- Выборка для проверки

Это важный шаг для подготовки набора данных с достоверной информацией для последующих задач, таких как классификация изображений и обнаружение объектов, а также для облегчения повторного использования набора данных другими исследователями. Пример алгоритма работы с видеоданными представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Алгоритм работы идентификации видеоданными

Предоставление достоверных аннотаций или отсутствие аннотаций значительно ограничит удобство использования набора данных для исследований, несмотря на усилия, прилагаемые для получения изображений. Основная цель аннотации состоит в том, чтобы дать представление о наборе данных.

Задача по созданию набор данных, необходимо предоставить доступ к данным изображения, включая файлы с достоверными аннотациями. Для использования данных, экспериментальной установки и протоколы получения изображений должны быть в достаточной степени задокументированы, чтобы облегчить повторное использование данных при разработке, тестировании и



сравнении алгоритмов в будущем, а также для создания новых наборов данных, особенно для нового исследователя, входящего в конкретную область.

Набор видеоданных сорных растений DeepWeeds

Набор данных DeepWeeds [12] предоставляет большую коллекцию изображений сорняков для классификации видов сорняков на основе глубокого обучения. Этот набор данных содержит в общей сложности 17 509 изображений RGB в формате jpg и размером 256×256 пикселей, собранных настраиваемым роботом для борьбы с сорняками, для восьми видов сорняков и различных растений, не являющихся сорняками, в естественных полевых условиях без контроля освещения. Каждый вид сорняков имеет более 1000 изображений, что необходимо для обучения сложных моделей глубокого обучения. Поскольку этот набор данных предоставляет только метки классов для каждого изображения, он адаптирован для задач классификации сорняков.

Проектирование СУБД

Концептуальная модель – это семантическая модель предметной области, то есть информационная модель наиболее высокого уровня абстракции. У модели нет ориентации и определённой связи с конкретной системой управления баз данных:

Объект или понятие об предметной области и связей между ними;

Описание ограничений целостности.

Модель данных – это абстракция, которая позволяет пользователям и разработчикам трактовать, будучи приложима к конкретным данным их уже как информацию. Сведения об модель данных, содержащие не только данные, но и взаимосвязь между ними [13].

Сущность – это основная часть или объект, о котором нужно сохранить какие-то определённые сведения.

Была спроектирована концептуальная модель СУБД базы видеоданных сорных компонент агрофитоценозов представлена на рисунке 2.

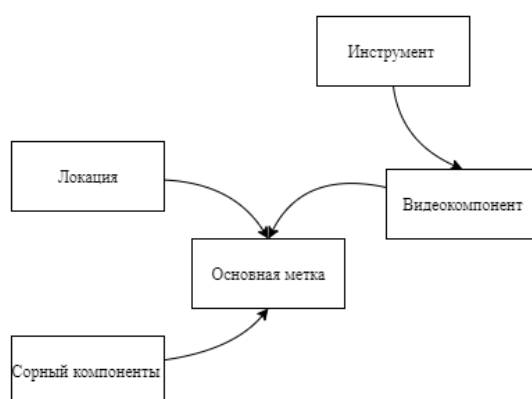


Рисунок 2 - Концептуальная модель СУБД базы видеоданных сорных компонент агрофитоценозов

Информационная база данных имеет структуру показывающую в собранном виде информационную модель предметной области, что позволяет сформировать логические записи с их элементы, а также их взаимосвязи между собой. Логическая модель системы управления баз данных представлена на 3.

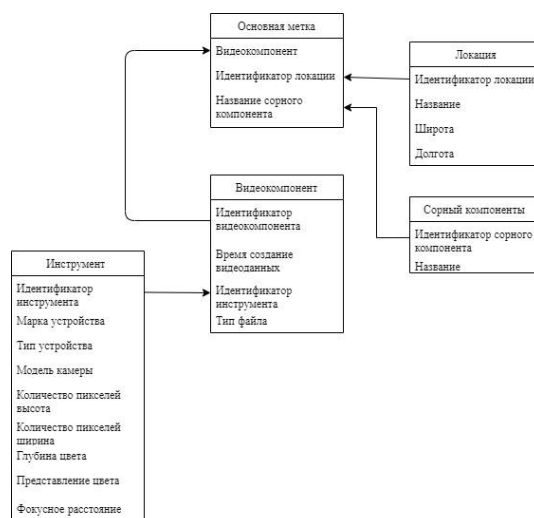


Рисунок 3 - Логическая модель СУБД базы видеоданных сорных компонент агрофитоценозов

Завершающим этапом проектирования прототипа является создание физической модели базы данных видеоданных. На данном этапе логическая модель базы данных, выраженная в терминах языка описания данных конкретной СУБД.

Физическая модель – физическое представление системы, объекта или процесса с целью их исследования, то есть это представление с помощью другого физического, реального объекта, имеющего в том или ином аспекте схожую динамику поведения. Физическая модель представлена на рисунке 4.

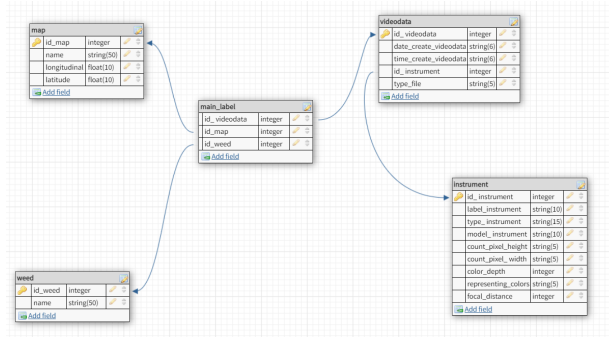


Рисунок 4 - Физическая модель СУБД базы видеоданных сорных компонент агрофитоценозов

Тестирование базы данных

Для проверки данных в базе данных требовалось написать запрос по выводу данных, которые были в наборе данных DeepWeeds. запрос на проверку представлен в рисунке 5.

Результатом выполненного запроса выборки данных из таблицы «Postgres» с выведенными всеми локациями и сорными компонентами на них. Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что набор данных DeepWeeds представлен в PostgreSQL на рисунке 7 показывает количественное распределение изображений, отсортированных по видам и местоположению сорняков являются одинаковым, что говорит об том, что автоматическое внесение данных при помощи скрипта были выполнены в полном объёме.



```

select  w.name,
        count(case when ml.id_map = 0 then ml.id_videodata end) as "Блак ривер",
        count(case when ml.id_map = 1 then ml.id_videodata end) as "Чартерс Тауэрс",
        count(case when ml.id_map = 2 then ml.id_videodata end) as "Кладен",
        count(case when ml.id_map = 3 then ml.id_videodata end) as "Дуглас",
        count(case when ml.id_map = 4 then ml.id_videodata end) as "Херви-Рендж",
        count(case when ml.id_map = 5 then ml.id_videodata end) as "Келсо",
        count(case when ml.id_map = 6 then ml.id_videodata end) as "Мак Кинлей",
        count(case when ml.id_map = 7 then ml.id_videodata end) as "Палума",
        count(ml.id_videodata) as "Общее количество сорняков"
from main_label ml
left join videodata v
    on ml.id_videodata = v.id_videodata
left join map m
    on ml.id_map = m.id_map
left join weed w
    on ml.id_weed = w.id_weed
group by 1
order by 2

```

Рисунок 6 - Запрос по созданию по проверки данных базе данных

	name character varying (50)	Блак ривер bigint	Чартерс Тауэрс bigint	Кладен bigint	Дуглас bigint	Херви-Рендж bigint	Келсо bigint	Мак Кинлей bigint	Палума bigint	Общее количество сорняков bigint
1	Каучуковая_виноградная_...	115	130	127	134	117	132	118	136	1009
2	Лантана	122	147	142	114	122	134	143	140	1064
3	Сиаковский_сорняк	123	140	142	153	133	122	132	129	1074
4	Паркинсония	125	132	130	129	127	117	124	147	1031
5	Змеиный_сорняк	128	125	139	148	97	109	126	144	1016
6	Колючая_акация	130	133	127	133	129	142	124	144	1062
7	Парфений	130	156	123	121	123	117	134	118	1022
8	Китайское_яблоко	146	142	131	133	151	131	133	158	1125
9	Negative	1099	1118	1146	1156	1138	1161	1139	1149	9106

Рисунок 7 – Результат запроса по проверки данных в СУБД «PostgreSQL»

Для тестирования процесса вывода данных для последующего использования в машинном обучении использовать SQL выполняется вывод данных из таблиц videodata и таблицы instrument с main_label через первичные и внешние ключи при помощи left join. Запрос представлен на рисунке 8.

```

select concat(date_create_videodata, '-',
              time_create_videodata, '-',
              id_instrument, '-',
              type_file, '-',
              m.id_map, '-',
              w.name) as timestamp_weed|
from main_label ml
left join videodata v
    on ml.id_videodata = v.id_videodata
left join map m
    on ml.id_map = m.id_map
left join weed w
    on ml.id_weed = w.id_weed

```

Рисунок 8 – Запрос для вывода данных для последующего использования в машинном обучении

Результатом выполненного запроса по выборке данных является выводом поля, который подходит для использования в последующих научных исследованиях при использовании в машинном обучении. Данный запрос был реализован в системе управления баз данных «PostgreSQL» и представлен на рисунке 9.



	timestemp_weed text
1	20161207-144902-0.jpg,0,Китайское_яблоко
2	20170127-101628-0.jpg,6,Лантана
3	20170128-102222-0.jpg,2,Negative
4	20170129-102249-0.jpg,3,Negative
5	20170130-102233-0.jpg,6,Лантана
6	20170207-153903-0.jpg,0,Китайское_яблоко
7	20170210-131657-0.jpg,3,Змеиный_сорняк
8	20170210-133716-0.jpg,7,Китайское_яблоко
9	20170210-145503-0.jpg,6,Китайское_яблоко
10	20170217-102457-0.jpg,6,Китайское_яблоко

Рисунок 9 – Результат вывода данных для последующего использования в машинном обучении в СУБД «PostgreSQL»

Заключение

Исследование сорных растений как объект в области искусственного интеллекта, определён место управления сорных компонентов в парадигме точного земледелия, проанализированы принципы и методы классификации цифровых изображений, а также был произведен анализ методов формирования наборов данных. Был проанализирован объект и самым подходящим набором данных является DeepWeeds так как:

- Большой количество изображений в наборе данных
- Подходящая аннотация набора данных
- Набор данных имеет вариативное количество как видов сорных компонентов, так и локациях их произрастания.

Результатом по разработке методики создания прототипа базы видеоданных сорных компонент агрофитоценозов для целей машинного распознавания на основе нейро-сетевых технологий. Методическая часть работы, включающие характеристику набора данных Deepweeds, проектирование СУБД, определение подходящей системы управления баз данных и проектирование физической модели базы данных. В результате был описан выбранный набор данных DeepWeeds. Представлены результаты методики создания базы данных формирование базы данных и тестирование базы данных выполнения задача и по созданию база видеоданных выбран язык сценариев для написания сценария автоматического заполнения базы данных с последующей проверкой хранилища при помощи запросов SQL. Результат решение этой задачи состоит в создании прототипа, который состоит из 5 таблиц, 5 скриптом по формирование таблиц в прототип занесено 17509 записей. Данный прототип имеет функционал по занесению новых записей в таблицы, по масштабированию количества записей в базе данных, а также подготовкой данных для использования нейронными сетями

Был произведен выбор набор данных DeepWeeds на основании которой при помощи системы управления баз данных PostgresSql с использованием языка программирования Python для автоматического заполнения баз данных разработан прототип базы видеоданных сорных компонент агрофитоценозов.



Проведенный анализ результатов тестирования созданного прототипа с набор данных DeepWeeds показал, что проведенное исследование позволяет сделать вывод, что данные, представленные в наборе данных DeepWeeds в таблице количественного распределение изображений, отсортированных по видам и местоположению сорняков и данные из запроса по проверки данных в БД postgres являются одинаковым, что говорит об том, что при использовании скрипта по автоматическому внесению данных являются одинаковыми, что подтверждает задача была выполнены в полном объёме.

Литература

1. Захаренко А.В. Оценка энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур. – М.: РАСХН, 1994. -66 с.
2. В.Т. Васько. Теоретические основы растениеводства. – М.: Профинформ, 2004. – 200 с.
3. Лябах Н. Н., Булгакова А. В. Проблемы построения и использования производственных функций // Вестник ГУУ. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-postroeniya-i-ispolzovaniya-proizvodstvennyh-funktsiy>.
4. Королев В. А., Башилов А. М. Видеоцифровое системно-метрическое управление агротехнологическими процессами // Вестник аграрной науки Дона. 2019. №48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/videosifrovoe-sistemno-metricheskoe-upravlenie-agrotehnologicheskimi-protsessami>.
5. George E. Meyer, Joao Camargo Neto. Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications / Computers and electronics in agriculture, Vol.63., 2008, 282-293 p.
6. Скворцов Е.А., Набоков В.И., Некрасов К.В., Скворцова Е.Г., Кротов М.И. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // АБУ. 2019. №8 (187). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-selskom-hozyaystve>.
7. Апанасова Н. В., Гуторова О. В., Юдакова О. И., Смолькина Ю. В. Особенности строения и развития женских генеративных структур у линий кукурузы с наследуемым и индуцированным типами партеногенеза // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. №2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-stroeniya-i-razvitiya-zhenskih-generativnyh-struktur-u-linij-kukuruzy-s-nasleduemym-i-indutsirovannym-tipami-partenogeneza>.
8. Потапов А.С. Системы компьютерного зрения. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 161 с
9. Sebastian Haug A Crop/Weed Field Image Dataset for the Evaluation of Computer Vision Based Precision Agriculture Tasks / Sebastian Haug, Jörn Ostermann ECCV 2014 Workshops. ECCV 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8928 pp 105-116
10. Обучение нейронной сети. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/dataset-data-preparation.html/>
11. Medioni Gerard. Sing Bing Kang Emerging Topics in Computer Vision.



Издательство Prentice Hall Ptr, 2004. 45 с.

12. Alex Olsen DeepWeeds: A Multiclass Weed Species Image Dataset for Deep Learning/ Alex Olsen, Dmitry A. Kononov, Bronson Philippa, Peter Ridd, Jake C. Wood, Jamie Johns, Wesley Banks, Benjamin Girgenti, Owen Kenny, James Whinney, Brendan Calvert, Mostafa Rahimi Azghadi, Ronald D. White Scientific Reports, 2019, Vol 9 p 2058

13. Грищенко Е.А. Построение концептуальной модели баз данных. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 128 с.

Abstract. *due to the fact that there is a widespread introduction of information systems in agribusiness, which entails the appearance of a large amount of data, which in turn creates a need for methods of preparing big data for machine recognition based on neural network technologies. To develop the methodology, a publicly available set of video data on weed components of agrophytocenoses was considered. based on it, the following was developed: a conceptual, logical and physical database model. The database was tested and showed a good result in terms of the speed of working with it.*

Key words: *easily accessible sets of video data, database design, identification of weed components.*

Статья отправлена: 31.12.2021 г.



УДК 656.6

**RELEVANT ISSUES OF SEAPORT CYBERSECURITY
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ МОРСЬКИХ ПОРТІВ****Melnyk O.M. / Мельник О.М.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-9228-8459

Scopus Author ID: 57216657937

Koryakin K.S. / Корякін К.С.*senior lecturer / ст. викладач*

ORCID: 0000-0003-2388-645X

Safian O.S. / Саф'ян О.С.*senior lecturer / ст. викладач***Zayats S.V. / Заяц С.В.***senior lecturer / ст. викладач*

ORCID: 0000-0001-5074-7864

Shcheniavskyi H.S. / Щенявський Г.С.*ass.lecturer / асистент*

ORCID: 0000-0001-7803-978X

*Odessa National Maritime University, Odesa, Mechnikova 34, 65029**Одеський національний морський університет, Одеса, вул. Мечнікова 34, 65029*

Анотація. Сучасні погляди та підходи щодо засобів захисту об'єктів транспортної інфраструктури та транспортних засобів від актів незаконного втручання, повинні бути активно запроваджені в системі безпеки морських торговельних портів, як об'єктів критичної інфраструктури. Останнім часом, поруч з очевидними проблемами, такими як несанкціонований доступ, розкрадання вантажів та контрабанда, особливої гостроти набуває також проблеми незаконної міграції. Тому розроблення ефективних рішень для забезпечення безпеки портів, є вкрай актуальним завданням. Сучасні умови функціонування морських портів є одними з найскладніших для реалізації ідеальної системи безпеки, враховуючи велику кількість портового обладнання, машин та механізмів, яке використовується для технологічних процесів тому інтеграція систем безпеки морського порту пов'язана з певними складнощами. В даній статті пропонується розгляд основних причин і проблем, з якими стикаються порти на шляху до забезпечення ефективної кібербезпеки та рекомендації щодо запровадження заходів безпеки для виявлення та управління постійними ризиками та загрозами для портової системи.

Ключові слова: кіберризики, забезпечення кібербезпеки, порти

Протягом багатьох років порти переживають етапи цифрової трансформації через постійно виникаючі проблеми, що покликані оптимізацією існуючих процесів та впровадженням нових технологій. Цифрова трансформація штовхає морську галузь за межі своїх традиційних укладів, маючи за мету забезпечення більш широких можливостей, підвищення продуктивності та ефективності транспортних операцій. Такі зміни сталися завдяки досягненням у взаємозв'язку ІТ (інноваційних технологій) щодо впровадження хмарних обчислень великих даних та Інтернету речей (IoT), що призначений для підключення до цифрових мереж зв'язку широкого спектра автономних приладів, датчиків, лічильників. Однак для портів перехід до цифрової трансформації призводить до виникнення проблем пов'язаних з їх інформаційною і кібернетичною безпекою, які необхідно вирішувати, щоб у



майбутньому такі об'єкти інфраструктури як порти, повністю розкрили потенціал цих нових технологій. Але, слід констатувати той факт, що є ціна, яку доводиться платити за впровадження сучасних технологій з погляду на те, що існують ризики проникнення кіберзлочинців до централізованих систем порту, які можуть надати шахраям великий обсяг цільової інформації.

Необхідність посилення кібербезпеки в портах проявляється у поширенні інцидентів, які сталися в портах за останні кілька років. Наприклад: у 2011 році бельгійський порт Антверпен зазнав кібератаки, коли наркоторговці вербували хакерів для злому ІТ-систем контролю за переміщенням та розташуванням контейнерів з метою перехоплення контрабанди наркотиків. Ця конкретна кібератака розглядалася як багатоступенева атака, так як це відбувалося протягом двох років. Крім того, компанія Maersk пережила атаку здирників NotPetya, яка заразила 50 000 кінцевих точок, тисячі додатків і серверів на 600 сайтах в 130 країнах. Під час щорічної конференції «Асоціації операторів балкерних терміналів 2019 року», було наголошено, що кібербезпека залишається особливо слабким місцем інтерфейсу між судном і берегом, що підкреслює необхідність посилення кібербезпеки портів.

Все частіше порти розглядаються як ключові цілі для тих, хто прагне до руйнування або пошкодження об'єктів критичної інфраструктури. Багато експертів вважають порти недостатньо готовими до подібних кіберзагроз, великі транспортні компанії в галузі вже визначили ризики, пов'язані з кіберзагрозами, втім деякі представники галузі залишаються дуже повільними у розумінні того, що забезпечення кібербезпеки є вкрай важливим.

Існує ряд ключових причин і проблем, з якими стикаються порти на шляху до забезпечення ефективної кібербезпеки:

- відсутність цифрової культури в портах, деякі сторони все ще консервативні і не вважають кібербезпеку пріоритетом у впровадженні технологій.
- недостатній рівень обізнаності та навчання щодо кібербезпеки;
- відсутність розуміння того, який час і бюджет слід виділяти на заходи кібербезпеки;
- відсутність кваліфікованих ІТ-спеціалістів та людських ресурсів з питань безпеки, нестача навичок;
- відсутність балансу між ефективністю бізнесу, цифровою трансформацією та кібербезпекою;
- проблеми ланцюга поставок: відсутність контролю над рівнем кібербезпеки постачальників також створює проблеми кібербезпеки для портів;
- тісні взаємозалежності між портовими системами та зовнішніми службами з інших секторів (наприклад, енергетики), які впроваджують ризики кібернезалежності;
- відсутність аналітичних досліджень останніх кіберзагроз, як наслідок відсутність протидії і поява нових кіберризиків в результаті цифрової трансформації портів.



Кібербезпека стала головним пріоритетом в системі забезпечення безпеки портів поряд з забезпеченням комерційної конкурентоспроможності, з переходом до цифрової трансформації. Робота портів дуже складна через характер надання послуг, кількість одночасних процесів, що відбуваються і велику кількість працівників, задіяних в таких операціях, які включає в себе наземну, морську та економічну діяльність, тому загроз для кібербезпеки порту досить багато. Навіть за наявності нових і сучасних систем та обладнання для протидії втручанню, тим не менш порти схильні до ризику кібератак.

Порти можуть бути вразливими до ряду видів кібератак через величезну кількість даних, які зберігаються і передаються в портовій інфраструктурі, що є ключовою привабливістю для кіберзлочинців. Завдяки автоматизованому процесу навігації суден та програмному забезпеченню з управління вантажними операціями, порти все частіше розглядаються як ціль для злочинної діяльності. Стає все більш очевидним, що включення цифрових інструментів у повсякденну діяльність портів не усунуло загрози з боку злочинності, а переключило увагу злочинців на діяльність з цифровим дозволом. Існує декілька видів кібератак, з якими потенційно можуть зіткнутися порти:

- Крадіжка конфіденційних і критичних портових даних, таких як: місцезнаходження контейнерів або можливість видаляти і змінювати такі дані.
- Здатність перехоплювати зв'язок між портом і різними зацікавленими сторонами, також відомий як "людина в середині атаки", яка ретранслює і змінює зв'язок між двома сторонами, які вважають, що вони безпосередньо спілкуються один з одним.
- Сканування портових систем для перехоплення даних з метою корпоративного або державного шпигунства або кримінального злочину та шпигунства для викрадання конфіденційної інформації.
- Викрадення сеансу, тобто використання вразливостей системи для отримання тих же прав доступу, що і цільові клієнти (наприклад, аутентифікаційні файли cookie).
- Мережева розвідка і маніпулювання трафіком- атака сканує мережу, поки не буде знайдено вхідні двері, які розкривають інформацію про внутрішню портову мережу, компрометуючі цільові системи.
- Використання фішингових атак для компрометації мереж з недостатньою безпекою.
- Незаконна контрабанда людей і наркотиків через організовані злочинні угруповання які розглядають порти як майданчик для контрабанди.
- Можливість відключення всіх систем порту шляхом компрометації портових систем.
- Іншими прикладами кіберзлочинності в портах є: шахрайство, саботаж, вандалізм, крадіжки, несанкціонований доступ, тероризм і корупція.

Тому в портах зростають тенденції до впровадження ефективних заходів з кібербезпеки через вплив кіберзлочинності на сам порт. Кібератаки мають здатність впливати на безпеку здійснення операцій, вони також мають



можливість зменшити їх швидкість та ефективність. Існує також ризик пошкодження суден і екіпажів, якщо, наприклад, зіткнення судна сталося через злом електронної навігації. Загалом портовий бізнес може бути і порушений і пошкоджений, що призводить до залямованої репутації. Крім того існує ризик величезних втрат та шкоди, будь то, фізичним активам, втрати вантажу або втрати персональних даних співробітників або клієнтів. Що в чергове демонтує які наслідки, у разі відсутності кібербезпеки, можуть бути для портів. Тому важливо запровадження заходів безпеки для виявлення та управління постійними ризиками та загрозами для портової системи. Для цього необхідно:

- визначити чітке управління, цілі та стратегічні керівні принципи щодо кібербезпеки на рівні портів, розвивати культуру кібербезпеки;
- визначити всі потенційні зовнішні та внутрішні кіберзагрози та вразливості, пов'язані з ними;
- залучити всі зацікавлені сторони, які беруть участь в портових операціях, безпечну і керовану систему зв'язку;
- підвищити рівень обізнаності з питань кібербезпеки на рівні портів;
- прийняти ризик-орієнтований підхід до побудови стратегії кібербезпеки порту, переконатися, що всі виявлені ризики знаходяться під контролем і належним чином визначені своєчасно.
- проводити регулярне оновлення аналізу ризиків безпеки;
- забезпечити можливості виявлення та реагування на рівні портів для швидкого реагування на будь-яку кібератаку;
- строго контролювати доступ третіх осіб до портової системи;
- розроблення спеціальних та обов'язкових навчальних курсів з кібербезпеки.

Висновки.

Світова цифрова трансформація і залежність від ефективних систем зв'язку зробила кібербезпеку пріоритетним напрямком найвищого рівня серед політиків та вчених. З погляду на зростанням кібератак останні роки відчувається необхідність у підвищенні рівню обізнаності про загрози що виникають для кібербезпеки портів, цілком вочевидь що у питаннях забезпечення безпеки портів існують суттєві недоліки. Відсутність досвіду і знань з забезпечення кібербезпеки в портах є ключовою проблемою, оскільки це робить порти більш вразливими до кібератак, і це стане серйозною проблемою в найближчі роки. Обмежена кількість інформації та практичних рекомендацій, доступних для досягнення належного рівня кібербезпеки в портах, вказує на суттєву потребу в посиленні протоколів кібербезпеки, що змінює традиційні підходи, які розглядали лише комплексну систему фізичної безпеки порту, проте важливим стає інтегрування кібербезпеки не тільки у цю систему а і глобальну стратегію безпеки.

Література

1. Smart port manual. URL: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Smart-Ports-Manual-Strategy-and-Roadmap.pdf> (дата звернення 26.12.21).
2. JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/comm>



[unities/sites/default/files/jrc_digital_transformation_final_on_line_en_baja_resolucion_online.pdf](#). (дата звернення 25.12.21).

3. Murat Selçuk Solmaz. Digital Transformation in Port Management: Smart Ports. Managerial Issues in Digital Transformation of Global Modern Corporations. 2021 - 18 p.

4. Heilig, L., Lalla-Ruiz, E. & Vob, S. Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. Netnomics 18. - 227–254 (2017).

5. Meyer-Larsen, Nils & Müller, Rainer. Enhancing the Cybersecurity of Port Community Systems. 2018. DOI10.1007/978-3-319-74225-0_43.

6. Онищенко С.П., Мельник О.М. Сучасні технічні системи забезпечення безпеки морських портів. Матеріали міжнар.наук.-практ. конф. Морська безпека Балто-Чорноморського регіону: виклики та загрози. 24 грудня, 2021, Одеса.

7. Мельник О.М., Онищенко С.П., Логінов О.В., Окулов В.І., Пуляєв І.О. (2021). Актуальні проблеми морської безпеки та сучасні шляхи забезпечення охорони судна. Комунальне господарство міст, 6(166), 204-210.

8. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Koryakin, K.(2021) Nature and origin of major security concerns and potential threats to the shipping industry. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 113, 145-153. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.113.11>.

9. Onyshchenko, S., Shibaev, O. and Melnyk, O. (2021) “Assessment of Potential Negative Impact of the System of Factors on the Ship’s Operational Condition During Transportation of Oversized and Heavy Cargoes”, Transactions on Maritime Science. Split, Croatia, 10(1). DOI: 10.7225/toms.v10.n01.009.

10. Мельник О.М. Сучасна методика оцінки рівню безпеки судна та шляхи його підвищення / О.М. Мельник, Ю.В. Бичковський // Розвиток транспорту. – 2021. - № 2 (9) – С.37- 46. DOI:10.33082/td.2021.2-9.03.

References

1. Smart port manual. URL: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Smart-Ports-Manual-Strategy-and-Roadmap.pdf> (Accessed on 26.12.21).

2. JRC science for policy report. URL: https://ec.europa.eu/jrc/communities/sites/default/files/jrc_digital_transformation_final_on_line_en_baja_resolucion_online.pdf. (Accessed on 25.12.21).

3. Murat Selçuk Solmaz. Digital Transformation in Port Management: Smart Ports. Managerial Issues in Digital Transformation of Global Modern Corporations. 2021 - 18 p.

4. Heilig, L., Lalla-Ruiz, E. & Vob, S. Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. Netnomics 18. - 227–254 (2017).

5. Meyer-Larsen, Nils & Müller, Rainer. Enhancing the Cybersecurity of Port Community Systems. 2018. DOI10.1007/978-3-319-74225-0_43.

6. Onyshchenko S.P., Melnyk O.M. Suchasni tekhnichni systemy zabezpechennia bezpeky morskikh portiv. Materialy mizhnar.nauk.-prakt. konf. Morska bezpeka Balto-Chornomorskoho rehionu: vyklyky ta zahrozy. 24 hrudnia, 2021, Odesa.

7. Melnyk O.M., Onyshchenko S.P., Lohinov O.V., Okulov V.I., Puliaiev I.O. (2021). Aktualni problemy morskoi bezpeky ta suchasni shliakhy zabezpechennia okhorony sudna. Komunalne hospodarstvo mist, 6(166), 204-210.

8. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Koryakin, K.(2021) Nature and origin of major security concerns and potential threats to the shipping industry. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 113, 145-153. ISSN: 0209-



3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.113.11>.

9. Onyshchenko, S., Shibaev, O. and Melnyk, O. (2021) “Assessment of Potential Negative Impact of the System of Factors on the Ship’s Operational Condition During Transportation of Oversized and Heavy Cargoes”, Transactions on Maritime Science. Split, Croatia, 10(1). DOI: 10.7225/toms.v10.n01.009.

10. Melnyk O.M. Suchasna metodyka otsinky rivniu bezpeky sudna ta shliakhy yoho pidvyshchennia / O.M. Melnyk, Yu.V. Bychkovskyi // Rozvytok transportu. – 2021. - № 2 (9) – C.37- 46. DOI:10.33082/td.2021.2-9.03.

Abstract. *Modern views and solutions to protect transport infrastructure and vehicles from acts of illegal intrusion need to be actively implemented in the security of commercial seaports as critical infrastructure facilities. Nowadays, in addition to the obvious problems such as unauthorized access, smuggling and theft of cargo, the problems of illegal migration have also become particularly acute. Developing effective solutions for port security is therefore extremely important. The current operating conditions of seaports are among the most challenging for the implementation of an ideal security system. Given the high number of port equipment, machinery and mechanisms used for technological processes, the integration of seaport security systems entails certain complications. This article proposes a review of the main causes and problems faced by ports on the way to ensuring effective security and recommendations for the implementation of security measures to identify and manage the persistent risks and threats to the port system.*

Keywords: *cyber risks, cyber security, ports*

Стаття відправлена: 27.12.2021 р. © Мельник О.М.



УДК 656.078:504.06

«GREEN» LOGISTICS AS A TOOL FOR ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE TRANSPORTATION COMPLEX**«ЗЕЛЕНАЯ» ЛОГИСТИКА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА****Vasiliev D.I. / Васильев Д.И.***undergraduate / магистрант*

SPIN: 6672-3485

*Omsk State Transport University, Omsk, Marx av., 35, 644046**Омский государственный университет путей сообщения,**Омск, Маркса пр., 35, 644046*

Аннотация. В работе рассмотрены экологические аспекты, цели и задачи развития транспортно-логистического комплекса России согласно Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2035 года. Проанализированы различные подходы к понятию «зеленой» логистики и цепочки поставок. Приведены ключевые направления развития экологически ориентированной логистической инфраструктуры, как важного инструмента декарбонизации транспортного комплекса в соответствии с принципами устойчивого развития.

Ключевые слова: логистика, экология, зеленые цепочки поставок, декарбонизация транспортного комплекса.

Вступление.

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года от 27.11.2021 [1] определяет экологичность транспортного комплекса как «характеристику, отражающую его соответствие установленным требованиям в области охраны окружающей среды от воздействия видов транспорта и транспортной инфраструктуры». Необходимость выполнения глобальных целей Парижского соглашения по климату [2] становится одним из значимых драйверов трансформации и декарбонизации транспортной отрасли. Именно транспорт наряду с теплоэнергетикой, добывающими отраслями, тяжелой промышленностью является основным загрязнителем окружающей среды, источником выбросов парниковых газов (ПГ) и причиной глобальных климатических изменений. К базовым задачам Транспортной стратегии, выполнение которых влияет на достижение всех поставленных целей, отнесена задача 17: «Снижение негативного воздействия транспортного комплекса на окружающую среду и климат в соответствии с принципами устойчивого развития» [1].

«Зеленая» логистика как баланс экономических интересов и экологии

Сегодня мультимодальная транспортная система РФ представляет собой основанную на применении принципов логистики систему, объединяющую в себе подсистемы инфраструктуры, транспорта, информационную подсистему, основанную на унифицированных грузовых единицах и предназначенную для удовлетворения потребностей клиентов в логистических услугах. Конечной задачей развития логистики является ускорение товародвижения и сокращение транспортных затрат грузовладельцев. На состояние окружающей среды в



наибольшей степени влияют три элемента логистики, а именно: упаковка (формирует потоки отходов), транспортировка (загрязнение воздуха и воды, шум) и хранение (складские помещения). Экологически-ориентированная, эффективная так называемая «зеленая» логистика рассматривается как ценность – для окружающей среды и общества, для компаний, для клиентов. Она направлена на достижение устойчивого баланса между экономическими, экологическими и социальными целями.

Д. Лоуэ [3] определяет зеленую логистику как логистические операции, осуществляемые в рамках системы при наличии ряда экологических ограничений, таких, как пробки на дорогах, загрязнение воздуха, снижение расхода топлива и отходов, что имеет большое влияние на политические и деловые решения.

Дж. Арлбьорн и М. Яаре [4] видят зеленую логистику как сочетание логистики и окружающей среды. Такой подход расширяет традиционный взгляд на логистику двумя способами. Первый говорит о том, что логистика охватывает все звенья цепи поставок, от добычи сырья, его производства и распределения до утилизации отходов. Второй говорит о том, что логистика включает в себя такие методы, как улучшение планирования и координации логистической системы, что положительно влияет на экономику системы (цепь поставок) и, следовательно, оказывает меньшее негативное воздействие на окружающую среду.

Б. Четинкая [5] рассматривает зеленую логистику как полное преобразование логистических стратегий, структур, процессов и систем на предприятиях и в коммерческих сетях с целью создания экологически безопасных и эффективных логистических процессов. Суть зеленой логистики – это соединение экономики и экологии.

На сегодняшний день в РФ из-за недостаточного развития мультимодальных перевозок и несбалансированности структуры перевозок по видам транспорта значительные избыточные совокупные издержки (дополнительные затраты на перевозку) составляют около 750 млрд. рублей в год (включая транспортный риск и вредные выбросы). Отношение логистических издержек к валовому внутреннему продукту составляет 14,2%, что выше среднемировых значений (11%). Более 30% составляет доля перевозок несырьевых грузов автомобильным транспортом на маршрутах свыше 1000 км, при оптимальном поясе дальности 500-700 км с учетом совокупной экономической стоимости (с учетом объема вредных выбросов, социального и транспортного рисков) [1].

Наблюдаемые сегодня реальные климатические изменения влияют на транспортную инфраструктуру РФ. С одной стороны, такие негативные проявления, как деградация вечной мерзлоты, изменение гидрологического режима рек, повышение уровня Мирового океана, вызывают необходимость принятия мер по снижению уязвимости и подверженности транспортной инфраструктуры климатическим рискам. С другой стороны, потепление Арктики создает новые возможности для максимального использования логистического потенциала Северного морского пути [1].



Внедрение использования возобновляемых источников энергии (например, в виде солнечных панелей на кровлях и фасадах производственных и складских зданий) и технологий накопления энергии при строительстве инфраструктурных логистических объектов позволит экономить затраты на энергопотребление от внешних сетей, снизить углеродную емкость транспортной отрасли и уменьшить выбросы ПГ. В итоге мероприятия, направленные на снижение выбросов ПГ в транспортном секторе РФ, позволят повысить экологичность транспорта в Российской Федерации и внести вклад в выполнение обязательств в рамках Парижского соглашения по климату [2] от 12 декабря 2015 г.

К ключевым направлениям развития опорной логистической инфраструктуры в Транспортной стратегии России [1] отнесены:

- стимулирование развития транспортно-логистических технологий в транспортно-логистических центрах (технологии ускоренной разгрузки контейнерных поездов, роботизированное управление складской логистикой);
- содействие развитию комплексных логистических услуг (формата 4pl и 5pl), в том числе путем создания условий для взаимодействия грузовладельцев и грузоперевозчиков с вовлечением представителей сектора электронной торговли;
- распространение платформенных технологий (логистических интеграторов) и смарт-контрактов, которое позволит сократить логистические затраты и выбросы ПГ;
- развитие сети современных логистических центров в формате «грузовых деревень», ключевой задачей которых является ускорение «последней мили» движения грузов и расширение комплекса предоставляемых логистических услуг;
- содействие контейнеризации грузов, увеличение количества регулярных маршрутов контейнерных поездов;
- организация перевозок грузов с высокой добавленной стоимостью по железным дорогам со скоростью, сопоставимой с движением пассажирских поездов, а также развитие контейнерных перевозок.

Необходимым условием достижения задач Транспортной стратегии России в части грузоперевозок является сквозная цифровизация транспортной цепочки и роботизация логистических операций.

Заключение и выводы.

Обеспечение экологической безопасности транспортной отрасли России, понимаемое как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия деятельности транспорта, – это системная комплексная задача, решаемая на основе:

- идентификации и оценки экологических и климатических рисков на транспорте в настоящее время и на прогнозируемый период;
- совершенствования механизмов нормативно-правового и экономического регулирования экологической безопасности;



- разработки наилучших доступных технологий (НДТ), минимизирующих негативное воздействие на окружающую среду и климат; их внедрения во всех звеньях цепочки поставок;
- экологического и экономического мониторинга индикаторов сокращения ущерба окружающей среде от техногенного воздействия объектов транспортно-логистической инфраструктуры;
- управление экологической безопасностью на основе международных стандартов ISO 14000 и OHSAS 18000;
- приоритетная реализация проектов развития Единой опорной транспортно-логистической сети с учетом вклада в достижение целей устойчивого развития, в том числе проектов, направленных на снижение углеродной емкости транспортной отрасли (декарбонизацию) за счет переключения грузопотоков на более экологичные виды транспорта (водный и железнодорожный транспорт); проектов, при реализации и эксплуатации которых используется энергия из источников с нулевыми выбросами или из низкоуглеродных источников; проектов, реализуемых с учетом требований по сохранению биологического разнообразия; проектов, реализация которых приведет к сокращению объемов промышленных и иных отходов.

Литература

1 Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: [утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. N 3363-р] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс» – Электрон. текст. данные (дата обращения 11.12.2021 г.).

2 Принятие Парижского соглашения: решение 1/CP.21. Доклад Конференции Сторон о работе ее двадцать первой сессии, состоявшейся в Париже с 30 ноября по 13 декабря 2015 года: [документ ООН FCCC/CP/2015/10/Add.1 от 29 января 2016 г.] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс» – Электрон. текст. данные (дата обращения 11.12.2021 г.).

3 Lowe, D. The dictionary of transport and logistics // USA: Kogan Page Publishers, 2002. – Текст: непосредственный.

4 Arlbjørn, J. & Jahre, M. Northern lights in logistics & supply chain management // Denmark: Copenhagen Business School Press, 2008. – Текст: непосредственный.

5 Cetinkaya, B.T. Grüne Logistik – Green logistics. Accessed 1. 2009 // Режим доступа: <http://gruenelogistik.blogspot.com/2009/04/definition-grunelogistik.html>. – Электрон. текст. данные (дата обращения 13.12.2021 г.).

Abstract. The paper considers the environmental aspects, goals and objectives of the development of the transport and logistics complex of Russia in accordance with the Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035. Various approaches to the concept of "green" logistics and supply chain, the ratio of logistics costs to gross domestic product in Russia in comparison with the world average are analyzed. The exposure of the transport infrastructure to climatic risks is considered. The key directions of the development of environmentally oriented logistics infrastructure, as an important tool for decarbonization of the transport complex in



accordance with the principles of sustainable development, are given.

Key words: *logistics, ecology, green supply chains, decarbonization of the transport complex.*

Научный руководитель: *старший преподаватель Мусаткина Б.В.*

Статья отправлена: 30.12.2021 г.

© Васильев Д.И.



УДК 632.935.4

**PHYSICAL MODEL OF KINETICS OF THE BEGINING
POLIMERIZATION METALLIZED SOLUTIONS****ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ КІНЕТИКИ ПОЧАТКУ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ МЕТАЛІЗОВАНИХ
РОЗЧИНІВ****Morozov A.S./Морозов А.С.***c.t.s, as.prof/k.m.n./доц.*

ORSID:0000-0001-5769-489X

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Politechnical Institute",
Peremogy ave., 37, Kyiv, Ukraine, 03056*

Анотація. Проблема стійкості дисперсних систем є однією з найважливіших в поліграфічній галузі. Забезпечення стійкості металізованих фарб необхідне при отриманні на їх основі якісних поліграфічних відбитків. Парадоксальність ситуації полягає у тому, що стабілізація майбутніх структуроутворювачів повинна забезпечувати рівномірне осадження їх на задрукованому матеріалі під час технологічного процесу і не тільки. При цьому потрібно зберегти службові характеристики металевої фази, яка переходить в результаті полімеризації з розчину в тверду плівку.

Ключові слова: седиментація, металізовані розчини, гідродинамічний опір.

Introduction

The presence of metal particles of aluminum or copper powders in ordinary printing paints slightly changes their physico chemical properties. The main factor determining their kinetic resistance is the degree of sedimentation of colloidal solutions. Until recently, the size of powder particles for offset printing was (5...7) microns and for flexographic (11...13) microns. The vacuum metallization method significantly expanded the granulometric range of the received powders to the side of a significant reduction in their size to (0.5...1) microns. With an increase in the specific surface of metal particles, the stability of the entire dispersion system increases. Due to the difference in specific weight, the paint components show agglomerate instability. The particles of the dispersed phase gradually settle if the particle density is greater than the density of the medium $d_f > d_m$ or float if $d_f < d_m$. The sustainable state of such colloidal systems is characterized by sedimentation and diffusion equilibrium. It is proved that the equilibrium by sedimentation is set rather slowly: the installation time is proportional to $1/r^2$, where r is the radius of the particle.

Stabilization, which is due to the special structural and mechanical properties of adsorption layers, can lead to an almost limitless increase in the stability of dispersed systems, up to their complete fixation, the formation of solid spatial structures -gels. Currently, special attention is paid to factors affecting the stability of aquatic metallized paints.

The purpose of the work is to systematize the technological and physicochemical aspects of stabilization used in metallized colloidal solutions for printing purposes.

Results of the conducted researches

Structurally mechanical stabilization factor, according to P. A. Rebinder occurs when forming polymolecular protective layers of micello-forming surfactants, high



molecular weight compounds, and sometimes thin solid or discrete phase films. The interphazal protective layer must have the ability to resist deformation and destruction, sufficient mobility to "treat" defects in it and, most importantly, be lyophilized from the outside turned towards the dispersion medium. If the protective layer is not sufficiently lyophilene, it protects particles from coalicence, will not be able to counteract coagulation.

One of the most important factors in stabilization of dispersed systems is the hydrodynamic resistance to displace the liquid dispersion medium from the layer between the convergence particles. Given its heterogeneity, it is quite difficult to predict the effect of viscosity properties on such a hydrodynamic characteristic. The stabilizing effect of the gel-like adsorption layers of the stabilizer is due to the fact that the high viscous layer between the particles does not have time t squeeze out during the collision of dispersion phase particles as a result bronovian motion or in the stream. Under known conditions, stabilization of dispersed systems with adsorbing and solvat layers with elasticity and mechanical strength can infinitely increase the stability of the system up to the complete fixation of its particles. An example of this is the hardening of liquid layers between the air bubbles of foam as a result of gel formation or polymerization processes [1].

Thinning of the dispersion medium layer in the coagulation process is associated with the leakage of liquids narrow gap between particles. For solid (metal) particles, the fluid flow rate on the boundary of the phase partition is zero and in the middle of the gap – the maximum. The speed of decrease in the width of the gap dh/dt between two flat parallel surfaces in the form of a circle of radius r is associated with the volume of liquid flowing through the surface of the cylinder gap in one second dV/dt ratio (Fig.1):

$$dh/dt = 1/\pi r^2 dV/dt \quad (1)$$

If Δp – some average value of excessive pressure (Fig. 1), under which the liquid is in the gap, then according to the Newton equation, the value of dV/dt should be inversely proportional to the viscosity of the liquid λ and directly proportional to the pressure gradient, that is, the value of the order $\Delta p/r$, as well as the perimeter of the gap $2\pi r$ through which the displacement of the liquid goes.

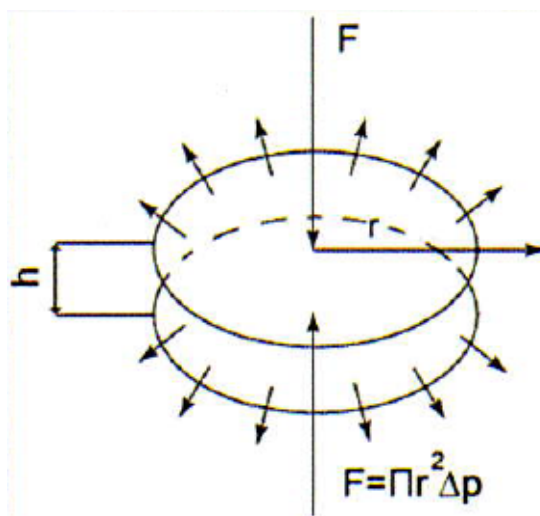


Fig.1. Scheme of displacement of fluid volume between two flat-parallel particles



With a large viscosity of the dispersion medium, the resistance of the thinning layer can provide virtually unlimited resistance of the system to coagulation. The Δp characterizes the astringent resistance of the film's elegant environment when particle convergence and can be considered as an analogue of positive adversary pressure by its astringent component. If the film surrounding the metal particle >1 microns, the leakage of the adjoining component in the paint is due to capillary pressure [2].

The thinner the layer of the dispersion medium between metal particles, the greater the likelihood of the formation of an isothermic transition of gel-zol.

At critical concentrations of metal pigments in colloidal solutions, as well as increased viscosity and temperature of their storage, conditions for the appearance of xerogels are possible[3]. In the case of complete displacement of the medium from the gap (with the breakthrough of the adsorbing-solvatous membrane), a direct local collision of particles is achieved. At the same time, together with Van Der Waals forces, in the clutch of particles, close-working (valence) forces involved in the area of direct contact can also take part. Their contribution to the strength of contact can be estimated in order of magnitude:

$$P_1 = N e^2 / b^2 4 \pi \xi_0, \quad (2)$$

where N is the number of valence bonds that occur in the contact; e – charge of electron; ξ_0 – electric constant; b – a characteristic inter-atom distance.

Conclusions

Summing up, it can be noted that the stabilization of metallized colloids of printing purpose is not systemically technological, but rather refers to the selective management of physically chemical processes that preclusive behavior of metallized paints, especially before their practical use. At the stage of making paint as a colloidal system by stabilizing all its components, you can regulate the process of forming the structure of polymer paint coatings with a metal filler.

References

1. A.Wur, I. Schulze, E. I.Grikstas Aluminum pigments from Shlenk for outdoor applications.-Materials of the conference "Interlakokraska 2006".-St.Petesburg,2006
2. I.E. Titova. Wetting and dispersing additives VEROWETT of the company"Eurocolori S.l.r."Materials of the seminar"Pigment pastes of the company"Eurocolori S.l.r.". - St. Petersburg, 2005.
3. Evstratova K.I. Physical and colloidal chemistry.- M.: Khimiya, 1990.- 488 p.

Abstract. *The problem of the quality of dispersed systems is the same as the most important in the polygraphic branch. Ensuring the stability of metallized paints is necessary when obtaining high-quality printing prints on their basis. The paradox of the situation is that stabilization of future structure-forming must provide should ensure uniform deposition of them on printed material during the technological process and not only. With the necessary to protect the characteristics of the metal phase which passes as a result of polymerization from a solution to a solid film.*

Keywords: *sedimentation, metallized solutions, hydrodynamic resistance.*



УДК 004.2

**MATHEMATICAL MODELING AS A TOOL FOR PREDICTING DAMAGE
IN LOCAL ARMED CONFLICTS****МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗА
УЩЕРБА В ЛОКАЛЬНЫХ ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТАХ****Bazhanov N.N. / Бажанов Н.Н.***c.i.s.s., as. prof. / к.т.н., доц.*

SPIN: 7098-5758

Bogdanov V.P. / Богданов В.П.*master's student***Sukhinin V.V. / Сухинин В.В.***master's student**Southern Federal University (SFedU) Chekhova st., 22, Taganrog, RF
Южный федеральный университет, Таганрог, ул. Чехова, 22, 347900*

Аннотация. В работе рассматривается возможность математического моделирования для прогноза боевых потерь в случаях локальных вооруженных конфликтов. При этом используется ланчестерская модель для общего случая с вариацией преимуществ у противников, а также модели боевых действий двух регулярных армий. Показано, что скорость боевых потерь в современных локальных конфликтах существенно зависит от применения ПЛА, в частности, боевых дронов.

Ключевые слова: математическое моделирование, ланчестерские модели, коэффициенты модели, прогноз, потери, резервы

Математическое моделирование является современной, универсальной и эффективной технологией прогнозирования в технических и даже гуманитарных отраслях жизнедеятельности людей. Конечно, социальные (в частности военные) проблемы более сложны с точки зрения формализации и априорных оценок, чем технические, однако и они в настоящее время могут быть и являются предметом изучения с помощью математических приемов. В дальнейшем в нашей работе мы будем использовать более «узкое» представление математического моделирования – вычислительный эксперимент. Это, в первую очередь, связано с возможностью обрабатывать большой объем информации на современных многопроцессорных вычислительных устройствах с применением эффективных параллельных алгоритмов. Дополнительно отметим, что многие жизненные ситуации вообще не допускают натурные эксперименты и математическое моделирование остается единственным возможным подходом к прогнозу, вероятностной оценке последствий (в частном случае материального ущерба, а также прямых и косвенных потерь) для сторон – участников вооруженных конфликтов.

Проблема принятия оптимальных (с точки зрения боевых потерь) решений на различных уровнях командования является причиной развития математического моделирования. С помощью вычислительного эксперимента можно получать прогнозы и рекомендации еще до начала реальных боевых действий. В качестве примера в данной работе построены и исследованы модификации ланчестерской модели для общего случая с вариацией преимуществ у противников, а также модели боевых действий двух регулярных



армий. Показано, что зависимость армий друг от друга неуклонно растет в ходе боевых действий, однако использование беспилотных летательных аппаратов значительно изменяет традиционный прогноз ущерба. Кроме прочих боевых достоинств, использование дронов помогает минимизировать гибель мирного населения. Этот важный фактор был отражен в модифицированной математической модели английского математика Ф. У. Ланчестера. Как известно, он показал, что СЛАУ из нескольких дифференциальных уравнений однородного типа можно использовать для симуляции военного противостояния в воздушном пространстве. Эти уравнения мы взяли за математическую основу концепции вычислительного эксперимента и дополнили коэффициентами, отражающими современные военные технологии, в частности использование боевых дронов.

Канонические ланчестерские модели, которые описываются системой уравнений (1), мы заимствовали из работы [1], которую в дальнейшем изложении цитируем.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ax + bxy + cy + d \\ \frac{dy}{dt} = ey + fyx + gx + h \end{cases}, \quad (1)$$

где a и e определяют скорость небоевых потерь; b и f – скорость потерь из-за воздействия по площадным целям; c и g – потери от воздействия противника на переднем крае; d и h – подходящие или отходящие резервы.

В настоящее время вряд ли можно ожидать крупномасштабные и длительные военные конфликты (войны), однако для политиков, планирующих локальные военные действия по-прежнему актуально прогнозирование ущерба. Поэтому в теории военной науки каноническая модель Ланчестера (имеются только коэффициенты b и f) дополнена моделью Осипова (коэффициенты a и e), моделью Петерсона (коэффициенты a и e) и моделью Брекни (коэффициенты a и f либо b и e). Жертвы одной стороны пропорциональны количеству боестолкновений, а другой – численности ее противника. Однако в этих моделях не отражены новейшие технологии ведения боя, которые все больше и больше становятся дистанционными. Очевидным недостатком такого подхода является устаревшая военная терминология «наши силы». Как было показано в работах Н.В.Митюкова, наибольшую применимость ланчестерское уравнение нашло в форме (2):

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -ax - cy \pm d \\ \frac{dy}{dt} = -ey - gx \pm h \end{cases}, \quad (2)$$

где a и e определяют скорость небоевых потерь; c и g – боевых потерь. [1-3].

В проведенном исследовании предлагается для обсуждения поправка на «технологический прогресс», под которым мы подразумеваем использование дронов в боевых операциях, исход которых может быть предreshен до начала реальных боевых действий. Члены при x и y с коэффициентом b и f вводятся в c



и g . В этом случае, по нашему мнению, должна появиться поправка на использование ПЛА. Вышесказанное дает основание сформулировать предлагаемую математическую модель (применительно для одной из сторон):

$$\frac{dx}{dt} = -ax - cy \pm d; \quad x = \sum_{i=1}^n \Xi_i, \quad (3)$$

где Ξ_i – эффективная численность i -й боевой единицы ПЛА, n – общее количество боевых дронов.

И, наконец, распределение потерь среди боевых единиц определится как:

$$\Delta N_i = E_i N_i \frac{dx}{dt},$$

где E – коэффициент «заметности» или «значимости» или эффективности использования дрона.

Существует много типов моделей, описывающих динамику протекания вооруженных конфликтов. Они опираются на различные принципы и относятся к различным областям математического моделирования и алгоритмизации – теория игр, имитационное моделирование, генетические и роевые алгоритмы и т.д. Но для эффективного прогнозирования наиболее подходящими являются математические модели, в основе которых лежат дифференциальные уравнения. Наиболее известными моделями вооруженных конфликтов, основанных на дифференциальных уравнениях, являются ланчестерские модели.

В ходе исследования были рассмотрены основные виды ланчестерских моделей боевых действий и их особенности; описаны основные неизвестные, а также получение таких важных показателей моделей как боевая эффективность боевых единиц и коэффициент боевых потерь.

Литература:

1. Митюков Н.В. Определение жертв войн через ланчестерские модели // Историческая психология и социология истории. Издательство: Издательство "Учитель" (Волгоград). ISSN: 1994-6287. Том: 2. Номер: 2. 2009. С.: 122-140: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15175214&>.
2. Митюков, Н. В. Математические модели и программные средства для реконструкции военно-исторических данных: автореф. ... д-ра тех. наук. Ижевск, 2008.
3. Митюков, Н. В., Юртиков, Р. А., Мокроусов, С. А., Даньшин, И. А. 2006. Программа моделирования войсковых операций «Lanchester v2.0» / ГР в ВНТИЦ 16.03.2006 № 50200600362. Отраслевой фонд алгоритмов и программ 14.03.2006 № 5843. Заявл. 14.02.2006 № 03524577.01350-01 99 01. Инновации в науке и образовании 3:14.

Abstract. The paper considers the possibility of mathematical modeling for predicting combat losses in cases of local armed conflicts. At the same time, the Manchester model is used for the general case with a variation of the advantages of the opponents, as well as the model of combat operations of two regular armies. It is shown that the rate of combat losses in modern local conflicts significantly depends on the use of UAVs, in particular, combat drones.



Key words: *mathematical modeling, lanchester models, model coefficients, forecast, losses, reserves*

Статья отправлена: 25.12.2021 г.
© Бажанов Н.Н.



УДК 517.956.4

LOCALIZATION PRINCIPLE FOR A SOLUTION OF ONE EVOLUTIONARY $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -PARABOLIC PROBLEM WITH A POZITIVE

GENUS

ПРИНЦИП ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗВ'ЯЗКУ ОДНІЄЇ ЕВОЛЮЦІЙНОЇ $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -ПАРАБОЛІЧНОЇ ЗАДАЧІ З ДОДАТНИМ РОДОМ

Litovchenko V.A. / Літовченко В.А.

d.f.-m.s., prof. / д.фіз.-мат.н., проф.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9848-3167>

Yu. Fed'kovych Chernivtsi National University, Ukraine,

Chernivtsi, Kotsubins'ky Str., 2, 58021

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна,

Чернівці, вул. Коцюбинського, 2, 58012

Анотація. Для класичних розв'язків однієї доточкової за часом $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -параболічної задачі з додатним родом, які на початковій гіперплощині можуть мати узагальнені граничні значення типу розподілів Гельфанда і Шилова, досліджується можливість у відповідній граничній умові посилення збіжності при наближенні t до нуля. Сформульовано достатні умови, за яких відбувається покомпактна рівномірна збіжність на тій частині області зміни x , де початковий функціонал збігається з неперервною функцією.

Ключові слова: $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -параболічна задача, коректна розв'язність, простори типу S і S' .

Вступ

Нехай $\mathbb{R}^n$ – дійсний евклідов -вимірний простір з скалярним добутком $(\cdot, \cdot)$ та нормою $\|\cdot\|$, $\mathbb{R} := \mathbb{R}^1$; Z_+^n – множина всіх n -вимірних мультиіндексів, $Z := Z_+^1$; i – уявна одиниця; ∂_x^k – частинна похідна за змінною x порядку k .

Зафіксуємо довільно вектори $\{\vec{p}; \vec{h}\} \subset Z_+^n$ з компонентами $0 < h_j \leq p_j$, $p_j > 1$, і розглянемо $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -параболічне диференціальне рівняння вигляду [1]

$$\partial_t u(t; x) = P(t; i\partial_x)u(t; x), \quad (t; x) \in \Pi_{[0; T]} := (0; T] \times \mathbb{R}^n, \quad (1)$$

з неперервними на множині $[0; T]$ коефіцієнтами $a_k(\cdot)$ та виразом

$$P(t; i\partial_x) = \sum_{k_1/p_1 + \dots + k_n/p_n \leq 1} a_k(t) i^{|k|} \partial_x^k.$$

Для рівняння (1) задамо початкову умову

$$u(t; \cdot)|_{t=0} = f. \quad (2)$$

Задача Коші (1), (2) в класах узагальнених функцій f типу розподілів Гельфанда і Шилова [2] досліджувалась у [1], де встановлено її коректну



розв'язність та описано всі класичні розв'язки рівняння (1) в просторах типу S Гельфанда і Шилова. Подібні результати для параболічних за Шиловим рівнянь (випадок $p_j \equiv p$ і $h_j \equiv h$) одержано в [3].

Багато природничих задач (див. [4-6]) своєю специфікою призводять до узагальнення початкової умови (2), зокрема, до постановки її в такому вигляді:

$$u(t; \cdot)|_{t=0} + v u(t; \cdot)|_{t=t_1} = f, \quad (3)$$

де v і f – відомі величини, а t_1 – фіксований момент часу: $t_1 \in (0; T]$.

Для параболічних за Петровським рівнянь, тобто рівнянь (1) зі скалярною параболічністю, в яких $p = h = 2b$, задачі з умовою (3) та умовами більш загальної форми, розглядались у [7-9]. Тут з'ясовуються різноманітні питання про коректність постановки таких задач та методи їх розв'язування за тих чи інших умов на вхідні дані.

Задача для $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -параболічного рівняння (1) з еволюційною умовою (3) досліджувалась у [10]. Тут установлена її коректна розв'язність у випадку, коли f є елементом того чи іншого простору узагальнених функцій типу S' .

Зазначимо, що f – узагальнена функція, тому в умові (3) наближення t до початкової гіперплощини розуміється в сенсі слабкої збіжності у відповідному просторі типу S' . Однак серед розподілів Гельфанда і Шилова є і регулярні функціонали, породжені «хорошими» функціями. У зв'язку з цим, виникає питання про можливість посилення в (3) зазначеної збіжності, коли f має «хороші» властивості.

У даній роботі з'ясовується це питання у випадку, коли рівняння (1) має додатний векторний рід $\vec{\mu}$: $\vec{\mu} > \vec{0}$. Тут сформульовано достатні умови, за яких розв'язок u задачі (1), (3) задовольняє умову (3) при $t \rightarrow +0$ рівномірно стосовно x на кожному компакт K множини $M \subset \mathbb{R}^n$, якщо функціонал f збігається на M з неперервною функцією (принцип локалізації).

Попередні відомості

Нехай S – відомий простір Шварца нескінченно диференційованих і швидко спадних на $\mathbb{R}^n$ функцій, а S' – відповідний простір розподілів Шварца; S_α, S^β і S_α^β – відомі простори типу S основних функцій Гельфанда і Шилова [2]. Тут α і β – фіксовані елементи з $\mathbb{R}^n$ із додатними компонентами.

У просторах типу S визначені й неперервні операції додавання, множення, згортки та оператор F перетворення Фур'є, причому виконуються наступні



топологічні рівності [2]: $F[S_\alpha] = S^\alpha$; $F[S^\beta] = S_\beta$; $F[S_\alpha^\beta] = S_\beta^\alpha$.

Нехай $\vec{\lambda}$ – n -вимірний вектор з компонентами $\lambda_j = \max_l p_l/h_l - 1/h_j$, а Φ' – топологічно спряжений простір з $\Phi \in \{S^{1/\vec{h}}; S_\beta^{1/\vec{h}}, \beta_j \geq \lambda_j\}$. Перетворення Фур'є функціонала $f \in \Phi'$ визначається так: $\langle F[f], F[\varphi] \rangle = (2\pi)^n \langle f, \varphi \rangle$ ($\forall \varphi \in \Phi$). Тут дужками $\langle, \rangle$ позначено дію узагальненої функції на основну.

Покладемо $\Theta_0^t(\cdot) := \exp\left\{\int_0^t P(\tau, \cdot) d\tau\right\}$ і $|\xi|_+^{\vec{h}} := |\xi_1|^{h_1} + \dots + |\xi_n|^{h_n}$. У [3] при $\vec{\mu} > \vec{0}$ встановлено оцінки

$$\left|\partial_\xi^q \Theta_\tau^t(\xi)\right| \leq c B^{|q|} q^{q(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} e^{-\delta(t-\tau)|\xi|_+^{\vec{h}}}, \quad \vec{1} := (1; \dots; 1), \quad (4)$$

для всіх $(t; \xi) \in \Pi_{(\tau; T]}$ і $q \in \mathbb{Z}_+^n$, з додатними c, B і δ . Та показано, що функція $G = F^{-1}[\Theta_0^t(\xi)]$ – фундаментальний розв'язок задачі Коші (1), (2). Оцінки (4) забезпечують належність $G(t; \cdot) \in S_{\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p}}^{1/\vec{h}}$ при $t \in (0; T]$.

Далі, зафіксуємо дійснозначну узагальнену функцію f з Φ' , число $v \in \mathbb{R}$ таке, що $\inf_{\xi \in \mathbb{R}^n} |1 + v\Theta_0^{t_1}(\xi)| = b \neq 0$, і покладемо $\chi(\cdot) := (1 + v\Theta_0^{t_1}(\cdot))^{-1}$.

Означення [10]. Розв'язком задачі (1), (3) на множині $\Pi_{(0; T]}$ називається класична функція u , яка на $\Pi_{(0; T]}$ задовольняє рівняння (1) у звичайному розумінні, а еволюційну умову (3) – у сенсі збіжності в просторі Φ' , тобто

$$\lim_{t \rightarrow +0} \langle u(t; x) + vu(t_1; x), \varphi(x) \rangle = \langle f, \varphi \rangle \quad (\forall \varphi \in \Phi).$$

Теорема 1 [10]. Еволюційна задача (1), (3) на множині $\Pi_{(0; T]}$ коректно розв'язна. Її розв'язок зображується формулою

$$u(t; x) = \langle f(\xi), \hat{G}(t; x - \xi) \rangle \equiv (f * \hat{G})(t; x), \quad (t; x) \in \Pi_{(0; T]},$$

де $\hat{G} = F^{-1}[\chi(\xi)\Theta_0^t(\xi)]$.

Принцип локалізації

Нехай $\hat{G}_v(t; \cdot) := \hat{G}(t; \cdot) + v\hat{G}(t_1; \cdot)$. Безпосередньо з лінійності оператора F і групової властивості $\Theta_0^t(\cdot)$ за змінною t , одержуємо, що

$$\hat{G}_v(t; \cdot) = F^{-1}\left[\chi(\xi)\Theta_0^t(\xi) \left(1 + v\Theta_0^{t_1}(\xi)\right)\right](t; \cdot), \quad 0 < t \leq t_1. \quad (5)$$

Правильне таке допоміжне твердження.



Лема 1. Нехай для рівняння (1) рід $\vec{\mu} > \vec{0}$. Тоді існують додатні сталі c, A, B і δ такі, що для всіх $(t; x) \in \Pi_{(0;T]}$ і $\{m, k\} \subset \mathbb{Z}_+^n$ виконуються оцінки:

$$|\partial_x^k \chi(x)| \leq c B^{|k|} k^{k(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})}; \quad (6)$$

$$|x^m \partial_x^k \hat{G}(t; x)| \leq c A^{|k|} B^{|m|} m^{m(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(m-k-\vec{1})/\vec{h}};$$

$$|x^m \partial_x^k \hat{G}_v(t; x)| \leq c A^{|k|} B^{|m|} m^{m(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(m-k-\vec{1})/\vec{h}}, \quad (t; x) \in \Pi_{(0;t_1]}. \quad (7)$$

Доведення. Для спрощення викладок, установимо оцінку (6) при $n = 1$.

Згідно з відомою формулою Фаа де Бруно диференціювання складеної функції

$$\partial_x^k f(\varphi(x)) = \sum_r \frac{k!}{q! j! \dots m!} \frac{d^r f(\varphi)}{d\varphi^r} \left(\frac{d\varphi(x)}{1! dx} \right)^q \left(\frac{d^2 \varphi(x)}{2! dx^2} \right)^j \dots \left(\frac{d^L \varphi(x)}{L! dx^L} \right)^m$$

(тут знак суми поширюється на всі цілі невід'ємні розв'язки рівняння $k = q + 2j + \dots + Lm$, а $r = q + j + \dots + m$), одержуємо, що

$$|\partial_x^k \chi(x)| \leq \sum_r \frac{k! (r-1)!}{q! j! \dots m!} \left(\frac{|v|}{b} \right)^r \left| \frac{d\theta_0^{t_1}(x)}{1! dx} \right|^q \left| \frac{d^2 \theta_0^{t_1}(x)}{2! dx^2} \right|^j \dots \left| \frac{d^L \theta_0^{t_1}(x)}{L! dx^L} \right|^m.$$

Звідси, врахувавши відому формулу Стірлінга та оцінку (4), дістаємо (6).

Далі, згідно з формулою Лейбніца диференціювання добутку функцій та оцінкою (4), спочатку знаходимо, що

$$|\partial_\xi^q (\xi^k \theta_0^t(\xi))| \leq c_0 A_0^{|k|} B_0^{|q|} q^{q(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(q-k)/\vec{h}} e^{-\delta_0 t |\xi|_+^{\vec{h}}}, \quad (t; \xi) \in \Pi_{(0;T]},$$

а, відтак, і

$$|\partial_\xi^q (\xi^k \theta_0^t(\xi) (1 + v \theta_t^{t_1}(\xi)))| \leq c_1 A_1^{|k|} B_1^{|q|} q^{q(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(q-k)/\vec{h}} e^{-\delta_1 t |\xi|_+^{\vec{h}}},$$

для $(t; \xi) \in \Pi_{(0;t_1]}$.

Врахувавши останні нерівності та оцінку (6), і ще раз скориставшись формулою Лейбніца, одержимо:

$$|\partial_\xi^m (\chi(\xi) (\xi^k \theta_0^t(\xi)))| \leq c_2 A_2^{|k|} B_2^{|m|} m^{m(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(m-k)/\vec{h}} e^{-\delta_2 t |\xi|_+^{\vec{h}}};$$

$$|\partial_\xi^m (\chi(\xi) (\xi^k \theta_0^t(\xi)) (1 + v \theta_t^{t_1}(\xi)))| \leq$$

$$c_3 A_3^{|k|} B_3^{|m|} m^{m(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(m-k)/\vec{h}} e^{-\delta_3 t |\xi|_+^{\vec{h}}}. \quad (8)$$

Тоді

$$|x^m \partial_x^k \hat{G}(t; x)| = \left| (2\pi)^{-n} \int_{\mathbb{R}^n} e^{-i(x,\xi)} \partial_\xi^m (\chi(\xi) (\xi^k \theta_0^t(\xi))) d\xi \right| \leq (2\pi)^{-n} \times$$



$$\int_{\mathbb{R}^n} \left| \partial_{\xi}^m \left(\chi(\xi) \left(\xi^k \Theta_0^t(\xi) \right) \right) \right| d\xi \leq c_2 A_2^{|k|} B_2^{|m|} m^{m(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(m-k)/\vec{h}} \times$$

$$\int_{\mathbb{R}^n} e^{-\delta_2 t |\xi|^{\vec{h}}} d\xi \leq c_3 A_2^{|k|} B_2^{|m|} m^{m(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(m-k-\vec{1})/\vec{h}},$$

для всіх $(t; x) \in \Pi_{(0;T]}$ і $\{m, k\} \subset \mathbb{Z}_+^n$.

Оцінка (7) одержується аналогічно із зображення (5) та нерівності (8).

Лема доведена.

Нехай $\mathcal{R} := S_{\alpha}^{\hat{\beta}}$, де $\hat{\alpha} := \max\{\vec{\lambda}; \vec{1} - \vec{\mu}/\vec{p}\}$ і $\hat{\beta} := \vec{1} - \vec{\mu}/\vec{p} + 1/\vec{h}$. Правильні такі вкладення [2]: $\Phi \subset \mathcal{R} \subset S \subset S' \subset \mathcal{R}' \subset \Phi'$. Узагальнені функції $\{f_1, f_2\} \subset S_{\alpha}^{\beta'}$ при $\beta_j > 1$ збігаються в області $M \subset \mathbb{R}^n$, якщо

$$\langle f_1 - f_2, \varphi \rangle = 0 \quad (\forall \varphi \in S_{\alpha}^{\beta'}, \text{ supp } \varphi \subset M).$$

Основний результат сформулюємо у вигляді наступного твердження.

Теорема 2. Нехай рівняння (1) має рід $\vec{\mu} > \vec{0}$, узагальнена функція f з $\mathcal{R}'$ дорівнює нулю в області $M \subset \mathbb{R}^n$, а $u(t; x)$ - відповідний розв'язок задачі (1), (3). Тоді вираз $u_v(t; x) := u(t; x) + vu(t_1; x)$ прямує до нуля рівномірно стосовно x на кожному компакт $K \subset M$ при $t \rightarrow +0$.

Доведення. Нехай $K \subset K_1 \subset M$, де K_1 - деяка компактна множина в $\mathbb{R}^n$. Розглянемо фінітну функцію $\varphi \in \mathcal{R}$ таку, що $\varphi(x) = 1$ на K_1 . Оскільки $\varphi(\cdot) \hat{G}_v(t; x - \cdot)$ і $(1 - \varphi(\cdot)) \hat{G}_v(t; x - \cdot)$ належать простору $\mathcal{R}$, то для всіх $(t; x) \in \Pi_{(0;T]}$ правильна рівність

$$u_v(t; x) = \langle f(\xi), \varphi(\xi) \hat{G}_v(t; x - \xi) \rangle + \langle f(\xi), \gamma(\xi) \hat{G}_v(t; x - \xi) \rangle,$$

де $\gamma := 1 - \varphi$. Звідси, врахувавши те, що $\text{supp}(\varphi(\cdot) \hat{G}_v(t; x - \cdot)) \subset M$ і $f = 0$ на множині M , приходимо до такого зображення:

$$u_v(t; x) = t^{1/\vec{h}} \langle f(\xi), t^{-1/\vec{h}} \gamma(\xi) \hat{G}_v(t; x - \xi) \rangle \quad (\forall (t; x) \in \Pi_{(0;T]}).$$

Для доведення теореми досить установити рівномірну обмеженість при $t \in (0; t_1)$ і $x \in K$ сімейства функцій $V_{t,x}(\cdot) = t^{-1/\vec{h}} \gamma(\cdot) \hat{G}_v(t; x - \cdot)$ у просторі $\mathcal{R}$, тобто показати, що

$$|\xi^m \partial_{\xi}^k V_{t,x}(\xi)| \leq c A^{|k|} B^{|m|} m^{m\hat{\alpha}} k^{k\hat{\beta}}, \quad \{m, k\} \subset \mathbb{Z}_+^n, \quad (9)$$

де додатні величини c, A і B не залежать від t, x і ξ . Але, оскільки $\gamma \equiv 0$ на K_1 ,



то (9) потрібно обґрунтувати лише для $\xi \in \mathbb{R}^n \setminus K_1$ і $x \in K$. Зауважимо тут виконання важливої оцінки $|x - \xi| \geq a_0 > 0$, де a_0 - відстань між межами компактів K і K_1 .

Згідно з формулою Лейбніца і тим, що $\varphi \in \mathcal{R}$, маємо:

$$|\xi^m \partial_\xi^k V_{t,x}(\xi)| \leq t^{-1/\vec{h}} \{ |\xi^m (1 - \varphi(\xi)) \partial_\xi^k \hat{G}_v(t; x - \xi)| + \sum_{l=1}^k C_k^l |\xi^m \partial_\xi^l \varphi(\xi)| |\partial_\xi^{k-l} \hat{G}_v(t; x - \xi)| \} \leq ct^{-1/\vec{h}} \{ |\xi^m \partial_\xi^k \hat{G}_v(t; x - \xi)| + \sum_{l=1}^k C_k^l A^{[l]} B^{[m]} m^{m\hat{\alpha}} l^{\vec{l}\hat{\beta}} |\partial_\xi^{k-l} \hat{G}_v(t; x - \xi)| \}. \quad (10)$$

Далі, скориставшись оцінкою (7), для всіх $\xi \in \mathbb{R}^n \setminus K_1$, $x \in K$ і $t \in (0; t_1]$, одержимо:

$$|\xi^m \partial_\xi^k \hat{G}_v(t; x - \xi)| \leq a_0^{-(|k|+2n)} \sum_{l=0}^m C_m^l |x|^{m-l} |(x - \xi)^{l+k+2\vec{1}} \partial_\xi^k \hat{G}_v(t; x - \xi)| \leq c A^{[k]} B^{[m]} \sum_{l=0}^m C_m^l (l+k)^{(l+k)(\vec{1}-\vec{\mu}/\vec{p})} k^{k/\vec{h}} t^{(l+\vec{1})/\vec{h}} \leq t^{1/\vec{h}} c_1 A_1^{[k]} B_1^{[m]} m^{m\hat{\alpha}} k^{k\hat{\beta}}; \\ |\partial_\xi^k \hat{G}_v(t; x - \xi)| \leq a_0^{-(|k|+2n)} |(x - \xi)^{k+2\vec{1}} \partial_\xi^k \hat{G}_v(t; x - \xi)| \leq t^{1/\vec{h}} c_1 A_1^{[k]} k^{k\hat{\beta}}.$$

Звідси та з нерівностей (10), приходимо до оцінки (9).

Теорема доведена.

Наслідок. Якщо узагальнена функція f з $\mathcal{R}'$ в області $M \subset \mathbb{R}^n$ збігається з неперервною функцією g , то відповідний вираз $u_v(t; x)$ прямує при $t \rightarrow +0$ до g рівномірно стосовно x на кожному компакт $K \subset M$.

Висновки

Для $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -параболічного рівняння з додатним родом розглянуто задачу з двоточною за часом умовою в класі початкових узагальнених функцій типу розподілів Гельфанда і Шилова. Ця задача природно узагальнює задачу Коші для параболічних за Шиловим рівнянь. Предметом досліджень була локальна поведінка її класичних розв'язків при наближенні до початкової гіперплощини.

Встановлено оцінки функції Гріна цієї задачі в сенсі просторів типу $\mathcal{S}$, які дозволили описати достатні умови локального посилення збіжності при $t \rightarrow 0$ в еволюційній умові задачі на тій частині $\mathbb{R}^n$, де початковий функціонал збігається з неперервною функцією. Ці результати важливі при дослідженні відповідних природничих процесів, що моделюються такими задачами.

Література:

1. Литовченко В.А. Задача Коши для параболических уравнений с пост-



оными коэффициентами, зависящими от времени // Матем. заметки. - 2005. – 77(3). - С. 395 - 411. <https://doi.org/10.1007/s11006-005-0036-9>

2. Гельфанд И.М., Шилов Г.Е. Пространства основных и обобщенных функций. - М.: Физматгиз, 1958. – 307 с.

3. Літовченко В.А. Системи Шилова у просторах типу S і S' : Монграфія. – Чернівці: ЧНУ, 2019. – 280 с.

4. Нахушев А.М. Уравнения математической биологии. – М.: Высшая школа, 1995. – 301 с.

5. Cannon J., Hoek I. Diffusion subject to the specification of mass // J.Math. Anal. Appl. – 1986. – 115(2). – P. 517–529.

6. Белавин И.А., Капица С.П., Курдюмов С.П. Математическая модель глобальных демографических процессов с учетом пространственного распределения // Журн. вычисл. матем. и мат. физики. – 1998. – 38(6). – С. 885–902.

7. Городецький В.В., Колісник Р.І., Мартинюк О.В. Нелокальна задача для рівнянь з частинними похідними параболічного типу // Буков. матем. журн. - 2020. – 8(2). - С. 24–39. <https://doi.org/10.31861/bmj2020.02.03>

8. Ivanchov N.I. Boundary Value Problems for a Parabolic Equation with Integral Conditions // Diff. Equat. - 2004. – 40. - P. 591–609. <https://doi.org/10.1023/B:DIEQ.00000035796.56467.44>

9. Шелухин В.В. Нелокальная по времени задача для уравнений динамики баротропного океана // Сиб. мат. журн. – 1995. – 36(3). – С. 701–724.

10. Унгурян Г.М. Нелокальна задача з імпульсною дією для параболічних рівнянь векторного порядку // Укр. мат. журн., - 2021. – 73(11). - С. 1532 – 1540. doi:10.37863/umzh.v73i11.6521.

Abstract. For classical solutions of one two-point in time $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -parabolic problem with positive genus, which on the initial hyperplane can have generalized limit values like the Gelfand and Shilov distributions, we study the possibility of intensification the convergence as t approaches to zero. Sufficient conditions under which compact uniform convergence occurs on that part of the region of x variation where the initial functional coincides with a continuous function are formulated.

Key words: $\{\vec{p}, \vec{h}\}$ -parabolic problem, correct solvability, spaces of type S and S' .

Стаття відправлена: 29.12.2021 р.
© Літовченко В.



Expert-Peer Review Board of the journal

Abdulveleeva 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
 Shehmirezova Andzhela Muharbievna, Adygea State University, Russia
 Shpinkovskij Aleksandr Anatolevich, Odessa National Polytechnic University, Ukraine



СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

Иновационная техника, технологии и промышленность*Innovative engineering, technology and industry*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-001> 6**RESISTIVE GROUNDING OF THE NEUTRAL OF THE 20 KV
DISTRIBUTION NETWORK***РЕЗИСТИВНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ НЕЙТРАЛІ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 20 КВ**Kliushnyk O.S./ Ключник О.С., Buryak A.R. / Буряк А.Р.*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-002> 13**MODERNIZATION OF ELECTRICITY ACCOUNTING SYSTEMS***МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**Kryvokhyzha V.P. / Кривохижа В.П., Khalikov V.A. / Халіков В.А.*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-003> 17**STUDY OF THE CONSEQUENCES OF THE COMBINATION OF THE
MARKETS OF THE UNIFIED ENERGY SYSTEM OF UKRAINE AND
BURSHTYN ENERGY ISLAND***ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ПОЄДНАННЯ РИНКІВ ОБ'ЄДНАНОЇ**ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ ТА БУРШТИНСЬКОГО ЕНЕРГООСТРОВА**Yermolenko A.L. / Єрмоленко А.Л., Parus Y.V. / Парус Є.В.*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-005> 22**ISSUES OF USING MIXED TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN
THE CONFIGURATION OF SUBSTATION SCHEMES TAKING
INTO ACCOUNT FUTURE CONNECTIONS OF RES OBJECTS***ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ**У КОНФІГУРАЦІЯХ СХЕМ ПІДСТАНЦІЙ З УРАХУВАННЯМ МАЙБУТНІХ**ПІДКЛЮЧЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ВДЕ**Rep'yev O.I./ Реп'єв О.І.*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-006> 28**CREATING A FUZZY LOGIC CONTROLLER TO CONTROL
THE POWER OF COMBINED POWER SYSTEMS***СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ**ПОТУЖНІСТЮ КОМБІНОВАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**Bohotolova O.S. / Богомолова О.С., Melnyk D.O. / Мельник Д.О.*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-009> 34**SIMULATION OF HYBRID POWER PLANT***МОДЕЛЮВАННЯ ГІБРИДНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**Bohotolova O.S. / Богомолова О.С., Pershko M.V. / Першко М.В.*

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-012>

40

FATIGUE DAMAGE OF HYBRID SUCKER RODS

ВТОМНЕ РУЙНУВАННЯ ГІБРИДНИХ НАСОСНИХ ШТАНГ

Korey B.V. / Коней Б.В., Vakun B.M. / Бакун Б.М.

Korey I.B. / Коней И.Б., Laba O.V. / Лаба О.В.

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-038>

50

FEATURES OF ENERGY DISTRIBUTION IN OFDM SIGNALS

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ OFDM СИГНАЛОВ

Sukachov E. A. / Сукачев Э. А., Vykov R. G. / Буков Р. Г.

Информатика, кибернетика и автоматика

Computer science, cybernetics and automatics

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-004>

54

INTELLIGENT ANALYSIS OF TIME DATA OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ ДАНИХ СПОЖИВАННЯ

ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Buslova N.V. / Буслова Н.В., Tyschenko Y.I. / Тищенко Я.І.

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-013>

62

SYNTHESES OF TEMPORAL MACHINES WITH OPERATIONAL TRANSFORMATION OF STATE CODES

СИНТЕЗ ЧАСОВИХ АВТОМАТІВ З ОПЕРАЦІЙНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ КОДУ СТАНІВ

Мірошник М.А. / Мирошник М.А., Зайченко О.Б. / Зайченко О.Б.

Мірошник А.М. / Мирошник А. М., Зайченко Н.Я. / Зайченко Н.Я.

Пахомов Ю.В. / Пахомов Ю.В., Деменкова С.Д. / Деменкова С.Д.

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-040>

70

METHODOLOGY FILLING THE VIDEO DATABASE OF WEED COMPONENTS OF AGROPHYTOCENOSSES FOR THE PURPOSES OF MACHINE RECOGNITION BASED ON NEURO-NETWORK TECHNOLOGIES

МЕТОДИКА НАПОЛНЕННЯ БАЗИ ВИДЕОДАНИХ СОРНИХ КОМПОНЕНТОВ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАШИННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРО-СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Kasytov A.A. / Касымов А.А.

Развитие транспорта и транспортных систем

Development of transport and transportation systems

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-019>

81

RELEVANT ISSUES OF SEAPORT CYBERSECURITY

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ МОРСЬКИХ ПОРТІВ

Melnyk O.M. / Мельник О.М., Koryakin K.S. / Корякин К.С.

Safian O.S. / Саф'ян О.С., Zayats S.V. / Заяц С.В.

Shcheniavskiy H.S. / Щенявський Г.С.

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-033>

87

«GREEN» LOGISTICS AS A TOOL FOR ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE TRANSPORTATION COMPLEX**«ЗЕЛЕНАЯ» ЛОГИСТИКА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА***Vasiliev D.I. / Васильев Д.И.***Физика и математика***Physics and mathematics*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-011>

92

PHYSICAL MODEL OF KINETICS OF THE BEGINING POLIMERIZATION METALLIZED SOLUTIONS**ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ КІНЕТИКИ ПОЧАТКУ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ МЕТАЛІЗОВАНИХ РОЗЧИНІВ***Morozov A.S./Морозов А.С.*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-016>

95

MATHEMATICAL MODELING AS A TOOL FOR PREDICTING DAMAGE IN LOCAL ARMED CONFLICTS**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗА УЩЕРБА В ЛОКАЛЬНЫХ ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТАХ***Bazhanov N.N. / Бажанов Н.Н., Bogdanov V.P. / Богданов В.П.**Sukhinin V.V. / Сухинин В.В.*<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/msr18-01-022>

99

LOCALIZATION PRINCIPLE FOR A SOLUTION OF ONE EVOLUTIONARY $\{\bar{p}, \bar{h}\}$ -PARABOLIC PROBLEM WITH A POZITIVE GENUS**ПРИНЦИП ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗВ'ЯЗКУ ОДНІЄЇ ЕВОЛЮЦІЙНОЇ** **$\{\bar{p}, \bar{h}\}$ -ПАРАБОЛІЧНОЇ ЗАДАЧІ З ДОДАТНИМ РОДОМ***Litovchenko V.A. / Літовченко В.А.*



Scientific publication

International periodic scientific journal
**MODERN SCIENTIFIC
RESEARCHES**

Issue №18
Part 1
December 2021

Indexed in **INDEXCOPERNICUS**
(high impact-factor) **ICV: 93.8**

Development of the original layout - "Yolnat PE"
Articles published in the author's edition

Signed: 30.12.2021

Yolnat PE
220092, Minsk, ul. Beruta, d.3B, room 72, room 4a



www.modscires.pro

With the support of research project SWorld
www.sworld.education





www.modscires.pro

e-mail: editor@modscires.pro