



ISSUE №18

Part №1



international periodic scientific journal

— *ONLINE*

www.moderntechno.de

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 95.33)



MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Issue №18
Part 1
December 2021

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

ISSN 2567-5273
DOI 10.30890/2567-5273

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

Editorial board: More than 240 doctors of science. Full list on pages 4-5

UDC 08
LBC 94
DOI: 10.30890/2567-5273.2021-18-01

Published by:
Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe, Germany
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de

Copyright
© Authors, 2021



About the journal

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

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

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

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

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

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

Sections of the Journal:

Library of Congress Classification Outline	Sections
Subclass TJ / TJ1-1570	Mechanical engineering and machinery
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering.
Subclass TA / TA165	Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation
Subclass TK / TK5101-6720	Telecommunication
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering
Subclass TN / TN1-997	Mining engineering. Metallurgy
Subclass TS / TS1950-1982, TS2120-2159	Animal products., Cereals and grain. Milling industry
Subclass TS / TS1300-1865	Textile industries
Subclass TK / TK7800-8360	Electronics
Subclass T / T55.4-60.8	Industrial engineering. Management engineering
Subclass T / T351-385	Mechanical drawing. Engineering graphics
Subclass TA / TA1001-1280, Subclass TL / TL1-484, Subclass TE / TE1-450, Subclass TF / TF1-1620	Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation
Subclass TH / TH1-9745	Building construction
Subclass T / T55-55.3	Industrial safety. Industrial accident prevention
Additional sections	Innovative economics and management, Innovations in pedagogy, Innovative approaches in jurisprudence, Innovative philosophical views

Requirements for articles

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

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

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

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

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

The presence of UDC, BBK

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

Only previously unpublished materials can be posted in the journal.

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

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

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

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

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



Editorial board

- Averchenkov Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Bryansk State Technical University, Russia
- Angelova Polyana 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 Polytechnic 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
- Bezdenzhyh 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
- Vorozhbitova Aleksandra Anatolevna, Doctor of Philology, Professor, Sochi State University, Russia
- Gavrilenko Nataliya Nikolaevna, Doctor of Education, assistant professor, Peoples' Friendship University of Russia, Russia
- Georgievskij 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 Sergej Mironovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
- Granovskaya Lyudmila Nikolaevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kherson State Agrarian University, Ukraine
- Grebeva 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 Sergej Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia
- Dorofeev Andrej Viktorovich, Doctor of Education, assistant professor, Bashkir State University, Russia
- Doroshina Elena Yurevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, G V Russian University of Economics, Plekhanov, Russia
- Ermagambet Bolat Toleuhanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Coal Chemistry and Technology LLP, Kazakhstan
- Zhovtonog Olga Igorevna, Doctor of Agricultural Sciences, Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS, Ukraine
- Zaharov Oleg Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University, Russia
- Zubkov Ruslan Sergeevich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Nikolaev Interregional Institute for Human Development of the Higher Educational Institution "University of Ukraine", Ukraine
- Irzhi Hahula, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, FLKR - T Bati University, Zlín, Czech
- Kalajda Vladimir 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
- Kirillova Elena Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- Kirichenko Aleksandr Anatolevich, Doctor of Law, Professor, Ukraine
- Klimova Natalya Vladimirovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University, Russia
- Knyazeva Olga Aleksandrovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Bashkir State Medical University, Russia
- Kovalenko Elena Mihajlovna, doctor of philosophical science, Professor, South Federal University, Russia
- Kovalenko Petr Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
- Kokebaeva Gulnazar Kenenovna, 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 Polytechnic University, Russia
- Kravchuk Anna Viktorovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Academy of the State Prison Service, Ukraine
- Kruglov Valerij Mihajlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Railway Engineering, Russia
- Kuderin Marat Krykbaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, PSU named after S Toraygrovna, Kazakhstan
- Kurmayev 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
- Lyskova 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
- Maksim 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
- Makaveeva Anna Vasilevna, Doctor of Sociology, assistant professor, Altai State University, Russia
- Melnik Alyona Alekseevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Kiev National University of Technology and Design, Ukraine
- Milyaeva Larisa Grigorevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Biysk Technological Institute (branch) "Altai State Technical University named after I I Polzunova", head of the department of business economics, Russia
- Mishenina Tatjana Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine
- Mogilevskaya 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
- Otepova Gulmira 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
- Pershin Vladimir Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tambov State Technical University, Russia
- Piganov Mihail Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Samara State Aerospace University named after academician S P Queen, Russia
- Polyakov Andrej Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnitsa National Technical University, Ukraine
- Popov Viktor Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University, Russia
- Popova Taisiya Georgievna, Doctor of Philology, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Russia
- Rastrygina Alla Nikolaevna, Doctor of Education, Professor, Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vinnichenko, I Shevchenko, Kropyvnytskyi, Ukraine
- Rebezov Maksim Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia
- Reznikov Andrej Valentinovich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Moscow State 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 Sergej Ivanovich, PhD in Economics, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- Safarova 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
- Sistota 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
- Stovpcev Olexsandr Vasilovich, Doctor of Philosophy, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- Stovpcev 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
- Taraskenko Larisa Viktorovna, Doctor of Sociology, Professor, South Federal University, Russia
- Testov Boris Viktorovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Tobolsk Integrated Scientific Station, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk, Russia
- Tokareva Natalya Gennadevna, Candidate of Medical Sciences, assistant professor, Medical Institute FSBEI HE "Moscow State University named after NP Ogarev, Russia
- Tolbatov Andrej Vladimirovich, candidate of technical sciences, assistant professor, Sumy National Agrarian University, Ukraine
- Tonkov Evgenij 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 Bajbagusovna, Doctor of Biological Sciences, Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Kazakhstan
- Usienko Sergej Angolovitch, 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 Fedkovych, 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 Aleksandra Evgenievna, PhD in Economics, docent, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine
- Svitlana Titova, PhD in Geography, docent, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
- Tatarchuk Tetiana, PhD in technical sciences, NU "Zaporizhzhya Polytechnic", Ukraine
- Chupakhina Svitlana Vasyliivna, PhD in pedagogical sciences, docent, Vasil Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine
- Boiko Ruslan Vasiliovich, PhD in Economics, docent, Khmelnytsky National University, Ukraine
- Voropayeva Tetiana Sergiivna, PhD in Psychology, docent, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
- Zakharenko Natalia, PhD in Economics, Priazov State Technical University, Ukraine
- Kirkin Oleksandr Pavlovich, PhD in technical sciences, docent, Priazov State Technical University, Ukraine
- Kyianovskiy Aleksandr Moiseevich, PhD in Chemistry, docent, Kherson State Agrarian University, Ukraine
- Tharkahova Irina 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 Melioration 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
- Smutchak 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, Yurij 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 Mykolayivna, PhD in pharmaceutical sciences, docent, National Pharmaceutical University, Ukraine
- Malinina Nina Lvovna, doctor of philosophical science, docent, Far Eastern Federal University, Russia
- Brukhansky Ruslan Feoktistovich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Western Ukrainian National University, Ukraine
- Zastavetska Lesya Bogdanovna, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Ternopil National Pedagogical University named after V Gnatyuk, Ukraine
- Kalabska Vira Stepanivna, PhD in pedagogical sciences, docent, Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychnia, 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 Irina Alexandrovna, 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 Aleksandra Evgenievna, PhD in Economic Sciences, 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
- Tatarchuk 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 Vasiliovich, 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 Irina 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
- Belotserkovets Vladimir Viktorovich, Doctor of Economic Sciences, Professor, National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine
- Lopuch Piotr Stepanovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Belarusian State University, Belarus
- Shvets Iryna Borysovna, Doctor of Arts, Professor, Vinnytsia State Pedagogical University named after M Kotsyubynsky, Ukraine
- Morozov Oleg Viktorovich, Doctor of Historical Sciences, assistant professor, University of Customs and Finance, Ukraine
- Vykhrushch Vira Oleksandriivna, 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 Bektova, Ukraine
- Podchashynskiy Yurii Oleksandrovych, Doctor of Technical Sciences, professor, Zhytomyr Polytechnic, Ukraine
- Blavych 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 raionna glad, Ukraine
- Muliar 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 Tymofiyivna, 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 Irina 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
- Chiladze 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
- Melnik 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
- Pysmenna 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 Yuri 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
- Shablii Tetiana Petrivna, PhD in Medical Sciences, assistant professor, Odessa National Medical University, ORCID 0000-0003-3114-3728, Ukraine
- Zaiachkivska Oksana Vasulivna, PhD in Economics, assistant professor, NUVGP, ORCID 0000-0002-8792-9204, Ukraine



УДК 661.856

FEATURES OF CHIP FORMATION MECHANISM, MORPHOLOGICAL AND STRUCTURAL PROPERTIES OF SHAVINGS AND POWDER FROM ALUMINUM BRONZE

Morozov A.S./Морозов А.С.

с.т.с., ас.проф/к.т.н./доц.

ORSID:0000-0001-5769-489X

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

Анотація В ході досліджень було встановлено, що розвинута поверхня стружкових частинок, багаточисельні дефекти у вигляді макро- і мікротріщин, розщеплень та пор, специфічний мікрорел'єф є сприятливими передумовами для їх подрібнення.

Експериментальні напрацювання тонкої структури показали, що в процесі подрібнення стружки за рахунок додаткової пластичної деформації щільність дислокацій і величина мікровикривлень кристалічної ґратки порошкових частинок збільшується. Дослідження форми і стану поверхні на оптичних і растрових мікроскопах надали необхідну інформацію для пояснення процесів, які відбуваються при подрібненні частинок.

Результати показали, що мікродослідження зони різання в БраЖ 9-4 дозволило вивчити механізм утворення текстури структурних компонентів альфа-фази, евтектоїду в стружкових частинках. Це дозволило передбачити характер зміни структури останніх при подальшому подрібненні. Аналіз характеру руйнування поверхні стружки алюмінієвої бронзи в процесах подрібнення дозволив підтвердити успадкування морфологічних, структурних і фізико-хімічних закономірностей останніх новоствореними частинками порошку.

Ключові слова: стружкові частинки, тонке подрібнення, морфологічні властивості, алюмінієва бронза, прокатний комбайн.

Introduction

Improving the quality of printing and packaging products necessitates the use of various technological processes at printing enterprises, as well as the use of metallized materials to achieve the most popular effect among customers of the metallic luster of printing products. This effect allows the printing of metallized inks and bronzing. Metallic pigments used in bronzing are powders obtained using various technologies [1–3]. Metal particles are relatively recently used in printing, but the result makes itself felt [4–6]. If powder metallurgy occupies the first place by the percentage of use and occupies 90 %, then only 1 % is used in the printing industry [7]. This was enough to finish printing products to date. However, modern conditions for the development of printing products require a significant expansion of the use of metal powders to produce high-quality printing products. In addition, chip waste can be used as metallic pigments. Aluminum bronze swarf are a morphologically beneficial material for the production of powders and spend no energy on the formation of chips. So, *the object of research* is the technology of practical production of metal powders from chip waste of aluminum bronze with their subsequent use as pigments for printing processes. And *the aim of research* is analysis of the morphological features of the BrAG 9–4 aluminum bronze swarf and determination of the possibilities for further use of the powder based on it in printing.



Materials and methods

For researches, the lathe 1K62 (GOST 8-82N), BrAG 9-4 aluminum bronze bar (GOST 18175-78, copper 83.4-90%, aluminum 8-10%, iron to 2-4%), rolling mill (experimental production) were used. attritor for fine grinding (GOST 50563.4-93), vibrosite (experiential manufacturing) with sieves with diameters of cells 5 and 2mm (GOST 3826-82), raster electron and optical microscopy methods(respectively, GOST 8074-72, GOST 21006-75).

Features of the process of chips

Metal chips is a specific material, which is the product of cutting. This specificity is based on the fact that chips on the one hand, imitates the structure and properties of the output metal or alloy. On the other hand, the mechanism of shaving is associated with destruction and is accompanied by a certain degree of plastic deformation. In the layer that is cut, there is a complex system of stress: exficating, stretching, compressing. The process of strengthening the material is due to the dislocation structure of the cutting zone and is crossed on the path of motion of dislocations: the boundaries of beans, non-metallic inclusions, particles of strengthening phases. In general, the dislocation picture in the cutting area is characterized by complexity. Localization of plastic deformation leads to uneven distribution of dislocations not only in certain zones, but even in microvolumes – individual elements of the cut layer. This is also due to the fact that the chips have a final thickness; dislocation and other defects accumulate in it. When cutting fragile materials, as well as at high cutting speeds, the preliminary deformation is small and the main role belongs to the plastic deformation, which is localized directly at the cutting edge of the tool. At the same time, deformation occurs when the material comes into contact with the back surface of the tool. On the part of the incisor chips has a smooth shiny surface, and on the opposite side – the shore of the stepped structure. The formation of the microrelief of the inner surface is associated with the release to the surface of mobile dislocations [9]. The height of the steps h with the number of such dislocations n is equal to: $h=b \cdot n$. For a height of 0.1 mm, a yield of $4 \cdot 10^5$ dislocations in one plane of sliding is sufficient. In Fig. 1. shown shaving zone in bronze BrAZ 9-4.

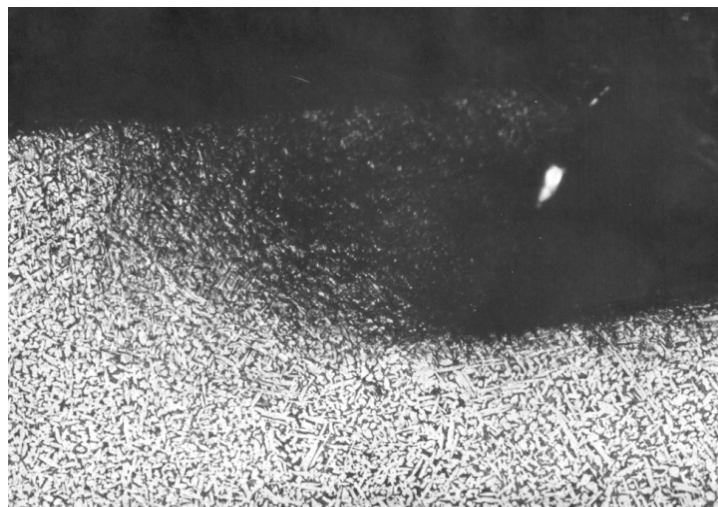


Fig. 1. Plastic deformation in the area of chips BrAG 9-4 at a depth of cut 0.45 mm (x 100)



Zones of plastic deformation in the separated element of chips, as well as in the area ahead of and accompanying the deformation have a dark color. Microresearch has shown that this is due to the high density of sliding planes, and accordingly dislocations. The process increases with an increase in the depth of cut. The preemptive strengthening zone of 1.03 – 1.45 mm is much greater than the depth of the strengthened layer under the incisors 0.05 – 0.30 mm.

Characteristics of chips.

The degree of plastic deformation of structural components is not the same. Sliding lines have a certain crystallographic orientation in different grains. Being in its original state in the dispersion state (10 – 30 nm) and the disoriented zone of plastic deformation, α – the phase is first pulled out in a plane normal to the direction of movement of the incisor, and then returns in the direction of its movement. In this case, the surface layer acquires a finer structure. The boundaries of the bands in the deformation zone are partially or complete (Fig.2)

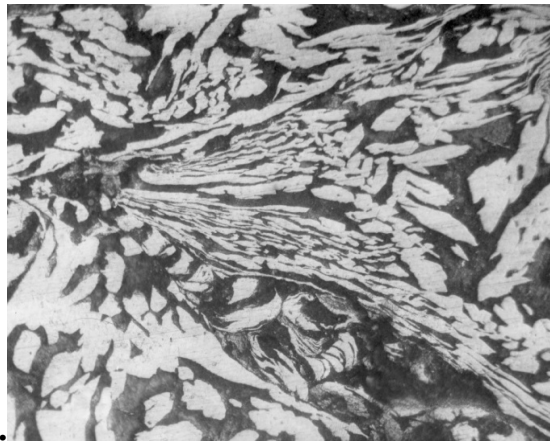


Fig. 2. Localization of plastic deformation(x 500).

In chips there are many micro discontinuities that are localized mainly in the area of peaks. These insinuities have the form of pores, microcracks and microlude. The latter are most likely associated with the release of dislocations to the surface. The presence of a developed surface and various defects is confirmed in the study of microstructure.



Fig. 3. The structure of the bronze chips BrAG 9-4(x350)



Figure 3 shows the structure of bronze chips BrAG 9-4. The largest plastic deformation is in place on the planes of sliding and in the volume of metal adjacent to the front surface of the cutting tool.

Measurement of micro-hardness in different zones of chips BrAG 9-4 showed that the metal changes significantly in the process of chip formation in comparison with the initial cast rod.

Crushing aluminum bronze chips

For grinding chips of colored waste, the technology is used, which is given in the form of a diagram in Fig.4.

It is proposed to carry out the technological process of processing waste of non-ferrous metals as follows: coarse seeding of chips on vibrosits with cells of larger diameter (5 mm)[9]. Vibrosite with an engine power of 1.5 kW is used for sowing primary shaving waste to free up the inclusions of cardboard, wood, glass. Sifted particles go for further processing in rolling mill, the design of which consists of engine 1, gearbox 2, block of gears 3, frame 4, dosing unit for backing crushed material 5, manual drive for adjusting the gap between the rolls 6, observation deck 7, chills for unloading finished products 8 and lubricant remover.

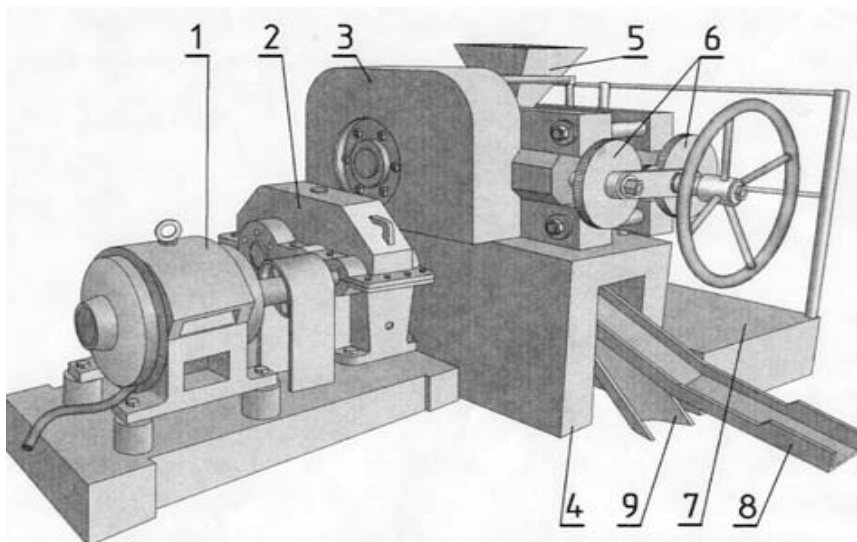


Fig.4. Scheme of two-oval state for processing metal chips

Chips roll between rolls of rolling mill, after which in the form of porous tapes enters the crusher (vertical atritor), where it is easily destroyed.. Crushed in a crusher of soft grinding chips is sifting on vibrosits with cells with a diameter of 2 mm. Sifted shaving particles are finished products, the remaining particles on the vibrosity again enter the rolling state to obtain a smaller fraction. The reusability of such operations makes it possible to obtain powder of very small fractions of 10... 30 microns with minimal oxidation.

Being exposed to the shock of rotating parts of the bulls in the atritor, the chips are divided into smaller elements, but if in the initial state they had a wedge-shaped shape, then in the grinder due to co-contact and surface deformation of the vertex and the ribs are crumpled, sharp profiles change to more rolled, sharp corners - on blunt ones. The result is column-shaped particles with a cross section close to the trapezoidal. Although the chips are plastically deformed, that is, a significantly



strengthened material, dents are formed on the particle surface - areas with weakened sections are formed. With subsequent blows in these zones, incapable of further plastic deformation, the concentration of defects becomes marginal and fragile destruction occurs due to the emerging micro and macro cracks. As a result, particles are formed mainly in the form of an irregular quadrangle.

Since newly formed particles inherit all micro and macro effects of chips, and, therefore, have lower strength, as a result of voltages, they collapse faster. But in addition to defects that have their prehistory in the process of repeated load, new ones arise. The most likely place for the origin of cracks are the surface layers on the verge of a particle that collapses, with a squeezing body, that is, in places of greatest scoring voltages. Moreover, this process is facilitated by existing surface defects in the form of dislocations and micro discontinuities.

Structural and morphological features of powder from crushed chips.

Microscopic studies have shown that in most cases in particles there is not one, but many cracks that spread mainly zigzag, as a result of which they acquire a splinter form. It should be noted that the powder obtained in the vibrator has a more developed and micro essential surface compared to the powder from the attritor. The microstructure of powder particles inherits the features of the structure of cast metal and chips. However, the depth and degree of plastically deformed layers is greater. The microhardness of the alpha phase in the surface layers of particles is 281-303 H, in the central - 230 - 270 H. Compared to chips, the micro-hardness of structural components during grinding increases by an average of 1.1-1.14 times, and in relation to cast metal by 1.4-1.6 times. There is no significant difference in the hardness of powder particles obtained in the attritor and in the vibrator grinder.

Studies of the fine structure have shown that in the process of grinding chips due to additional plastic deformation, the density of dislocations and the value of micro-distortions of the crystal lattice of powder particles increases. The morphology of particles at different stages of grinding aluminum bronze chips is given in Fig.5.

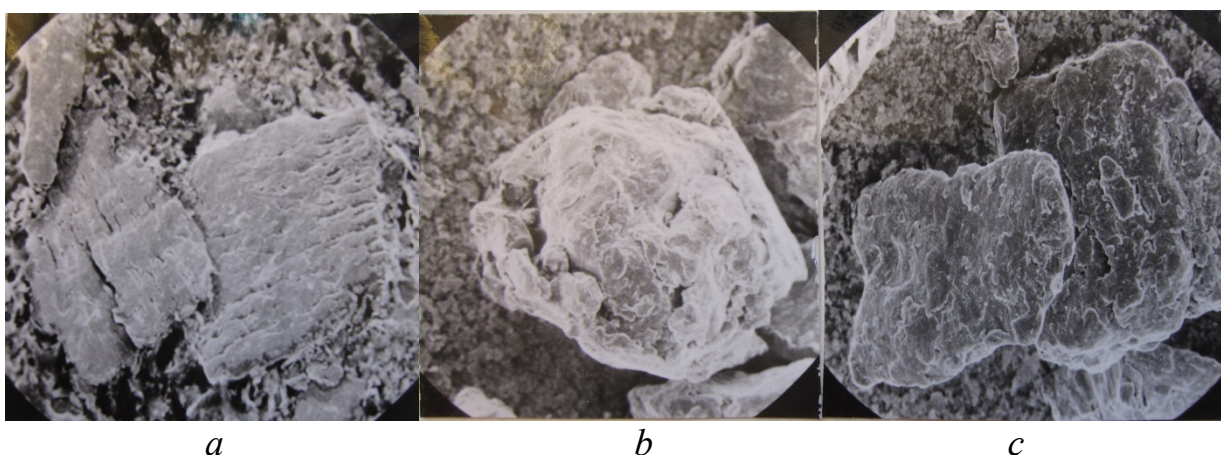
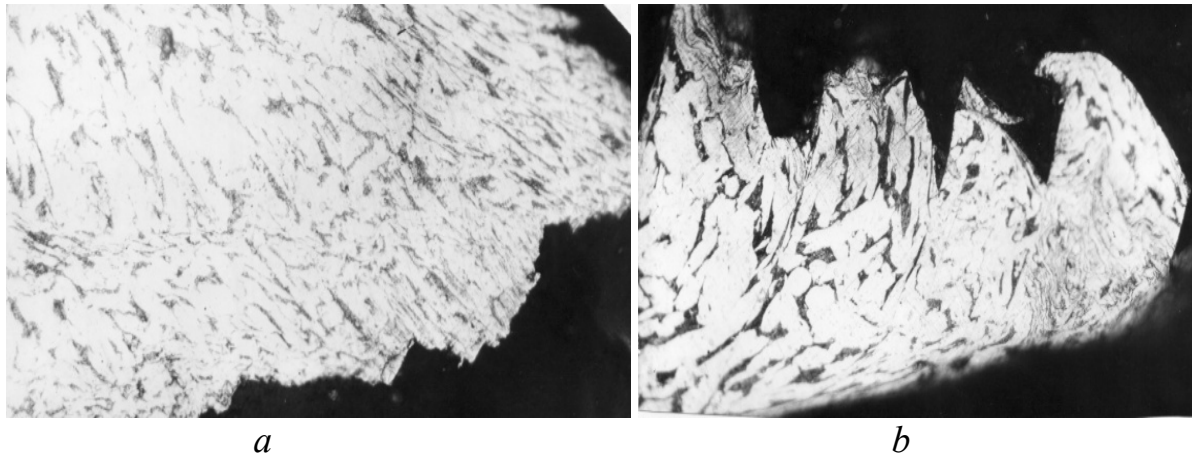


Fig.5. Particle morphology at different stages of crushing aluminum bronze chips at rolling station. Raster image (a-c) 3-4 min. (x201)

The microstructure of powder particles to some extent imitates the peculiarities of the structure of cast metal and chips. However, the depth of their plastically



deformed layers and the degree of defatation is much greater (Fig. 6). The micro- α -phase in the surface layers of particles is 2810 – 3030 MPa, in the central – 2300 – 2700 MPa, and the eutectoid in the same zones – respectively 2920 – 3470 MPa and 2600 – 3020 MPa. Compared to chips, the micro-hardening of structural components during grinding increases by an average of 1.1 times, and in relation to cast metal – by 1.4 – 1.6 times.



**Fig. 6. Microstructure of powder particles obtained by shredding BrAG 9-4
a) in attritor (x500) b) in vibromill (x 500)**

During grinding in the vibromill(b) the oxidation of the obtained powder is less than attritor(a)

Conclusion

Due to the properties of the surface of shaving particles in the form of numerous defects, there is a prospect of their further use as powders of certain fractions. Features of rolling shaving particles consist of the fact that: firstly, they form a tape of low strength, and secondly, it easily collapses in a regular atrium. The frequency of such operations with the above sequences allows receiving powders of very small fractions of 10–20 microns with minimal oxidation. Further research will aim to produce smaller particles with a lower degree of oxidation with more of their optical properties, as this directly affects the economic levers of printed products.

References

1. Ogura, K. (2006). Technology for Powder Production and Evaluation of Powders. *Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy*, 53 (4), 340. doi: <http://doi.org/10.2497/jjspm.53.340>
2. Frykholm, R., Takeda, Y., Andersson, B.-G., Carlström, R. (2016). Solid State Sintered 3-D Printing Component by Using Inkjet (Binder) Method. *Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy*, 63 (7), 421–426. doi: <http://doi.org/10.2497/jjspm.63.421>
3. Zhang, Y., Ye, H., Liu, H. (2012). Preparation and characterization of blue color aluminum pigments Al/SiO₂/PB with double-layer structure. *Powder Technology*, 217, 614–618. doi: <http://doi.org/10.1016/j.powtec.2011.11.035/>
4. Morozov, A. S., Ivasenko, M. V., Shakhovaia, O. V. (2013). Obrobka



metalizovanykh koloidnykh system. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 2, 47–53.

5. Morozov, A. S. (2012). Pat. No. 68391 UA. *Metalizovana farbova plivka*. MPK: C09D 11/20 (2012.01). No. u201110329; declared: 23.08.2011; published: 26.03.2012, Bul. No. 6.

6. Martin, J. H., Yahata, B. D., Hundley, J. M., Mayer, J. A., Schaedler, T. A., Pollock, T. M. (2017). 3D printing of high-strength aluminium alloys. *Nature*, 549 (7672), 365–369. doi: <http://doi.org/10.1038/nature23894>

7. Voloshin, V. S. (2007). *Priroda otkhodoobrazovaniya*. Mariupol: Renata, 666.

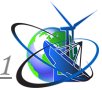
8. A.S. Morozov, Omelchenko I.V. (2021). Analysis of modern resource-saving technologies for the manufacture of powders for various purposes. International periodic scientific journal, Bulgaria, Issue №8, Part 1

9. A.S. Morozov (2021) Features of processing of metal waste and use printing material. Monographic series “European Science”, Book 5, Part 2. C.8–45.

Abstract During the research, it was found that the developed surface of chip particles, numerous defects in the form of macro and microcracks, splitting and pores, a specific microrelief are favorable prerequisites for their grinding. Experimental developments of a fine structure showed that in the process of grinding chips due to additional plastic deformation, the density of dislocations and the value of micro distortions of the crystal lattice of powder particles increases. The use of a rolling combine with a set of vibrosit made it possible to use in the future fine grinding of chips. Studies of the shape and condition of the surface on optical and raster microscopes provided the necessary information to explain the processes that occur when chip grinding.

The result showed that the micro investigation of the shaving zone in BrAG 9-4 made it possible to study the mechanism of texture of the structural components of the alpha phase, the eutectoid in the formed chips. This made it possible to predict the nature of the change of the latter during grinding. Analysis of the nature of the destruction of the surface of the chips of aluminum bronze in the grinding processes allowed to confirm the inheritance of morphological, structural and physico chemical regularities of the latter by newly formed powder particles.

Key words: chip particles, fine grinding, morphological properties, aluminum bronze, rolling combine.



УДК 631.31:621.791.75

**APPLICATION OF WEAR-RESISTANT COATINGS TO INCREASE
RESOURCE OF WORKING BODIES OF GRINDING MACHINES****НАНЕСЕННЯМ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН**

Paladiychuk Yu. B. / Паладійчук Ю. Б.

c.t.s., as.prof / к. н. т., доцент

ORCID: 0000-0003-4257-9383

Telyatnik I. A. / Телятник І. А.

master's degree / магістр

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Academic str. 54, 21008

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, вул. Академічна 54, 21008

Abstract. *Intensive compaction of the soil, which is caused by the use of modern powerful tractors with high weight and the presence of higher working speeds, and as a result reduces the service life of tillage equipment. Difficult weather conditions cause an increase in the load on the working bodies of tillage machines (plowshares, cultivator paws).*

The article considers the problem of restoring the resource of the working bodies of tillage machines by applying wear-resistant coatings. The types of wear and the impact of abrasive materials on the working bodies of tillage machines are analyzed. Determined optimal materials and methods to increase the wear resistance of the working bodies of tillage machines. Features of formation of a metallization covering which is reflected in its structure and character of defects which can differ in the sizes, density, morphology and orientation are considered. The dependence of the properties of coatings on the alloying system of the material is substantiated. Equipment and materials for coating are given.

Taking into account the received information, conclusions were made and the analysis of the technology of applying wear-resistant coatings for the restoration of the resource of the working bodies of tillage machines was carried out.

Key words: *tillage equipment, maintenance, tillage, metallization, surfacing, flux - cored wire, arc metallization, spraying.*

Formulation of the problem

The annual need of Ukraine's agriculture in working bodies for plows and other tillage machines is quite significant and cannot be estimated numerically. To maintain the efficiency of agricultural machinery, a significant number of spare parts are produced annually.

During tillage (plowing, cultivation) the energy intensity of the process increases sharply due to blunting of the working bodies due to abrasive wear [3].

The working bodies of tillage machines are exposed to shock-abrasive nature of wear, which occurs due to contact with soil particles and stones. Depreciation is influenced by concomitant factors such as: mechanical composition of the soil; humidity; hardness; material structure; pressure and speed of relative movement of soil on a surface of working bodies of tillage machines.

Table 1 shows an approximate classification of the characteristics of the variety of wear processes, which are the result of complex processes on the surface layer of the metal during wear, differences in conditions and modes of operation of friction pairs.

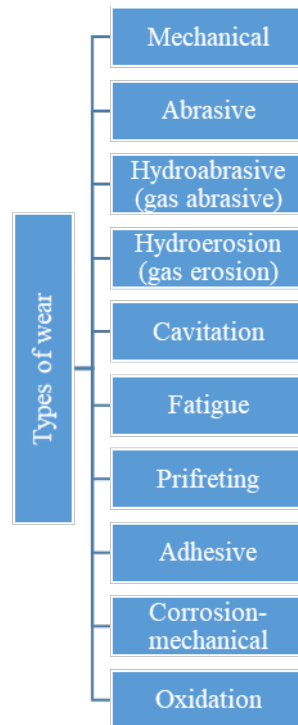
Abrasive wear is the main type of contact interaction during external friction.



Abrasive wear is present during the work of connections of working bodies of agricultural and other machines, which is the main factor that limits the technical characteristics and resource of machines, mechanisms and equipment [4].

This type of wear accounts for 50 to 80% of failures of the working bodies of machinery, including construction, road, transport, agricultural, livestock machinery and feed production [3].

Table 1 - Classification of types of wear.

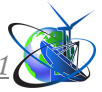


Abrasive particles such as quartz (HV 10.5-12.5 GPa) and feldspar (HV 6.5-7.2 GPa) are present in the soil. The presence of these minerals, based on sandy and loamy soils, explains the rapid wear of working bodies. Figure 1, 2 shows the characteristic wear profile of the working bodies of tillage machines.



Figure. 1 - Working bodies of tillage machines [4].

The manufacture of working bodies of tillage machines (plowshares, cultivator paws, harrow discs) should have increased requirements for the material, methods of improving wear resistance, manufacturing technology [4-5].



Abrasive wear is divided into four types:

1. destruction of material by cutting;
2. destruction of material by separation (brittle destruction);
3. destruction of the material by repeated deformation of the microvolumes of the surface layer (tiring destruction);
4. polydeformation process of destruction of materials (joint manifestation of the three above-mentioned destructions, including destruction as a result of re-riveting) [3].

Humidity, mechanical structure of the soil, the speed of relative movement and other factors affect the abrasive wear of the working bodies of tillage machines [3-6].

The abrasive content of the so-called quartz sand in the soil has the main effect on the abrasive wear of the working bodies of tillage machines. In addition to abrasive, which scratches or removes chips from the surface of the working bodies of tillage machines, the rate of wear is affected by the moisture present in the soil, which has a certain pH acidity. With increasing soil moisture and abrasive fraction (0.25 - 1.00 mm) the amount of wear increases by 25-50%.

Abrasive wear prevails over other types of wear, if the hardness of the abrasive exceeds the hardness of the material of the working body of tillage machines.



Figure. 2 - The shape of the working body of the cultivator [4].

The purpose and objectives of the study

Restoration of the resource of working bodies of tillage machines due to the application of wear-resistant coatings.

To achieve this goal you need to solve the following tasks:

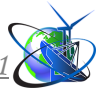
Analyze the types of wear and the impact of abrasive materials on the working bodies of tillage machines;

Determine the optimal materials and methods to increase wear resistance;

Taking into account the received information, draw conclusions and analyze the technology of applying wear-resistant coatings to increase the life of the working bodies of tillage machines.

Materials and methods to increase wear resistance

Increasing the wear resistance of the working bodies of tillage machines in agricultural engineering is due to:



- use of wear-resistant material and multilayer rolled metal;
- development of constituent working bodies;
- heat and thermochemical treatment;
- surfacing and spraying of wear-resistant materials.

When choosing a method of hardening depending on the type of soil should take into account not only technological and economic indicators, but also the need to implement the effect of self-sharpening of working bodies.

The essence of the effect of self-sharpening is the selective wear of the inhomogeneous cross-section of the blade, which retains the desired shape and cutting properties of the working body [4,5-7].

The production of trapezoidal bimetallic ploughshare with a two-layer rolled part of the blade made of steel H6F1 (lower layer) and L-53 (upper layer), allows to increase the service life and provide a self-sharpening effect. These plowshares have a longer service life, but to restore them requires the manufacture of specialized equipment for processing metals by pressure [4].

One of the most common technological operations for hardening is heat treatment. Due to heat treatment, the hardness of the metal for steel 45 is HRC 40-46, and for steel 65G and alloy steels - HRC 55-61. Wear resistance of such working bodies is less in comparison with the details made of special materials, but at application of such working bodies on loamy soils self-sharpening is not observed [6].

Wear of cultivator paws with induction hardening (width of the hardening layer - 8-10 mm, HRC 48-52) for the season will be 30 mm, while not ensuring the quality of processing [6].

The use of laser heat treatment to strengthen the working bodies 1.5 times reduces wear compared to bulk hardening. Laser surfacing with PS-14-60 + 6% B4C alloy reduces wear by 1.7-1.8 times compared to induction hardening [4].

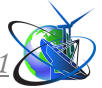
It is possible to increase wear resistance of details of cars at the expense of a surfacing.

Surfacing materials are self-protective flux-cored wires of the PP-AN170 type (PP-AN170M), provide the formation of a welded layer with a hardness of HRC 60-65.

Optimal wear resistance and self-sharpening is determined by adjusting the geometry of the deposited layer (height, depth, surfacing step), as well as the ratio of hardness of the deposited areas and the base metal in the range of 1.5: 1.0; 1.0: 1.0 [7].

Composite materials are mainly obtained by powder metallurgy. In addition, there are other methods, such as the method of direct introduction of the filler into the liquid metal or alloy before bottling. In the latter case, ultrasonic treatment of liquid melt is used to clean grease and other contaminants, improve wetting of parts with liquid metal and evenly place them in the matrix.

The use of composite materials (strong, plastic base - wear-resistant coating), meets the criterion of "price-quality" and is the best for strengthening the working bodies of tillage machines. In the manufacture of large batches of working bodies of tillage machines, strengthening technologies must be used at the stage of



manufacture. Technologies to increase the resource must meet certain requirements: the type of production, be productive, economical and provide a given thickness and durability of coatings.

The method of gas-thermal spraying allows to provide long service life of working bodies, to reduce time of carrying out works on strengthening and to reduce their cost.

The process of gas-thermal spraying is as follows: the material is sprayed in the form of powder or wire is fed into the heating zone; the gas sprays the heated particles and gives them acceleration in the axial direction; in the heating zone when feeding the wire, the spray gas disperses the molten material, and it also performs the function of heating; the particles entering the surface have a high collision velocity, thus forming strong interatomic bonds and creating conditions for the adhesion of the unfolded material by activating the surface contact [4-7].

Classification of methods of gas-thermal spraying by type of energy used and heat source.

By type of energy are divided into:

- ✓ gas-electric, which use electricity:
- ✓ gas-flame methods, where thermal energy is generated by the combustion of combustible gases.

The following types of heat sources are used to heat the sprayed material:

- arc;
- plasma;
- gas flame.

Spraying methods are divided into types:

- arc metallization;
- plasma spraying;
- gas-flame spraying;
- detonation-gas spraying.

The first two methods belong to gas-electric, the last - to gas-flame [4,5-7].

The energy utilization factor of the supplied energy, the utilization factor of the sprayed metal, productivity, quality of coatings and the cost of their application determines the effectiveness of gas-thermal spraying methods. The predominant method of gas-thermal spraying in terms of thermal efficiency, productivity and cost of coatings is arc metallization.

When using arc metallization, the share of energy supplied goes directly to the heating and melting of the powder material, allows to increase the effective heating efficiency up to 60%. Low heat losses are due to the physical characteristics of the process.

The process of arc metallization occurs by spraying the wire into the arc burning between it and the powder, which is transported by gas, and the formed particles are accelerated and when they hit the surface form a coating. High thermal efficiency of arc metallization is due to the direct transfer of energy from the arc to the wire. The share of the introduced thermal energy from the arc going to the melting of the powder material is 60-70%, which is 7-10 times more than for other methods of gas-thermal spraying. Productivity of arc metallization is rather big - to 18 kg / h at steel



sawing. The price of wire is 2-3 times cheaper than powders used for other methods of gas-thermal spraying.

The level of strength depends on the volume composition of the hardening phase, the uniformity of its placement, the degree of dispersion and location between the particles. According to Orovan's formula, the shear resistance increases with decreasing distance between the particles:

$$\sigma = Gb / l \quad (1)$$

where G is the shear modulus; b is the interatomic distance; l is the distance between the particles.

Combustion of alloying elements in the applied material and saturation of powder metal with gases from the atmosphere in the combustion zone of the arc are physico-chemical features of the process of arc metallization, which makes it difficult to obtain quality coatings. Equipment for the process of arc metallization is characterized by a wide spray angle, up to 70° , low 0.5-0.6, the utilization factor of the metal, reducing the concentration of alloying elements and excessive oxides in the coating.

Activated arc metallization equipment designed to eliminate these shortcomings, which differs from the typical in that it uses combustion products (propane-air mixture) as a gas conveyor [9].

Expensive nickel-based alloy powders are materials for the application of wear-resistant coatings in plasma spraying and arc metallization [4]. For arc metallization, economically alloyed Fe-Cr-B type iron-based flux-cored wires have become widespread, which, unlike solid wires, make it easier to obtain wear-resistant coatings of the required alloying system, which is necessary to vary the coating composition at different wear modes.

Coatings of these flux-cored wires increase the wear resistance of steels by 2-5 times and make the method of arc metallization predominant when sprayed on the working bodies of agricultural machinery [5].

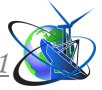
The greatest danger is wear on the mechanism of internal friction, with high contact loads and the presence of shocks. For coatings, it is probably due to the occurrence and development of microcracks in oxide films. Oxide films and even larger pores can contribute to the exfoliation of metal by the mechanism of internal friction, increasing the rate of mechanical wear of the metal coating.

Therefore, it is necessary to consider the peculiarities of the formation of metallic coatings and methods of improving the technology of their application, to ensure wear resistance of coatings during impact and abrasive wear, typical of operating conditions of working bodies of tillage machines [4, 8].

The main results of the study

The metallization coating is formed from layered elements formed by high-speed impact on a cold surface, which subsequently leads to solidification of the particles. The particles melt to a plastic state and are evenly distributed on the surface. The contact of the particles with each other occurs after their engagement on an uneven surface.

During spraying, the particles are oxidized, which leads to the formation of an oxide film, which enters the coating. Oxide film falling on the coating has a negative



effect on it:

1. prevents the diffusion of particles;
2. reduces the strength of adhesion;
3. reduces the hardness of the coating.

On the last sprayed layer the fraction in the form of dust of the molten material or its oxides and adsorption of gases will be put.

High velocity during spraying leads to spreading and crystallization of particles in contact with the previously applied surface, which causes defects, cavities, microcavities filled with gas.

Overheating of particles leads to their evaporation and settling in the vapor phase [5, 9].

Formation of the resulting coatings, which are formed from unmelted particles, oxides, pores, thin plates connected to each other or welded areas, or by "setting" formed during crystallization and curing.

The coating has a lower strength and density than the base material, because the welded areas do not fill the entire contact area between the applied particles.

In the seed coating there are boundaries between layers and particles, which determine the strength of adhesion between the coating and the substrate:

1. cohesion;
2. layered boundaries;
3. the boundary between the layer and the particles. [4-9].

The adhesive strength of the coating can be determined by the following mechanisms:

- mechanical adhesion of the applied parts to the surface of the substrate or with pre-deposited particles;
- activation energy, when the heat from the applied particle will be enough to form the required amount of heat on the surface of the material or pre-applied particle for diffusion of mutual remelting. This will cause the presence of chemical reactions in the area of the particle and the substrate, ie the metallurgical bond;
- the presence of van der Waals forces, when the physical interaction between the particles and the base is formed as a result of the convergence of atoms at a distance of the order of the size of atoms.

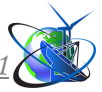
Summarizing the different estimates of the contribution of each type of connection, we can conclude that usually the share of metallurgical connection is small, otherwise the resistance to rupture of the coating is close to that of the source material [6-9].

Thus, the processes occurring in the two-phase flow affect the properties of the coatings and the features that determine the sprayed material will be:

- change in the composition of the particles of the sprayed material in interaction with the environment;
- high rate of crystallization and deformation upon impact of particles;
- the nature of the contacts between the particles in the coating.

The strength of the coating is ensured by adhesion and is characterized by the following mechanisms:

- the applied parts of the mine must be in mechanical adhesion to the surface of



the substrate or with a pre-deposited layer;

- the presence of a metallurgical bond indicates the presence of chemical reactions in the area of the particle and the substrate, which leads to the diffusion of mutual remelting;

- physical interaction between particles and the base as a result of the convergence of atoms at a distance of the order of the size of atoms, indicates the presence of van der Waals forces in this process.

The properties of the applied coating are influenced by the processes occurring in the two-phase flow. The features of the sprayed material include: the ability to change the composition of particles when interacting with the environment; at impact of particles there is a fast crystallization and deformation; the nature of the contacts between the particles in the coating.

The structure and nature of defects reflects the peculiarities of the formation of the metallization coating and differs in size, density, morphology and orientation.

In the study of metallization coating on the example of steel 30X13 descriptive composition of the sprayed layer. It has very thin alternately arranged wavy layers of white and gray-blue, which are hardened metal and oxides. The presence of metal and oxides indicates the presence of areas of mixed structure. Individual metal particles have a more rounded shape and globular, in turn, the pores have a globular and disc-shaped [10].

Insufficient layer-by-layer wetting of the droplets is the cause of the formation of disc-shaped pores that form between the layers. Globular pores occur as a result of insufficient filling of the hardening layer.

Etching of the samples made it possible to detect the rate of development, on thin layers of metal development occurred faster than in thicker layers and large particles. The high content of chromium in the structural components causes poor digestion compared to light areas.

Layer-by-layer chemical analysis of coatings sprayed with a DM apparatus showed that the content of elements is almost the same in the depth of the sprayed layer, but in the spraying process they burn out compared to the original content [10].

To determine the influence of the composition of the atmosphere of the transport gas on the peculiarities of the formation of the metallization coating, samples were taken using different metallization options. The serial device EM-14 became the basis for comparison. The ADM-10 apparatus uses the products of combustion of the propane-air mixture for spraying.

Assuming that the rounded metal particles got into the coating already in the cured state, with a particle size of less than 30 μm . Therefore, the coatings obtained by spraying in air have a rough inhomogeneous structure with elongated pores and large particles.

The use of propane-air medium made it possible to obtain a coating with a thinner structure, pores and voids are much smaller and they are smaller. The structure has a small amount of oxides, and oxide films are thinner. Therefore, when using an ADM device using propane-air environment, the resulting coatings are better.



Studies using a reducing atmosphere obtained with the use of propane-air environment have shown that the microhardness of coatings is much higher. There is a decrease in the porosity of the coatings and increase the microhardness in the various structural components is 6-12%. The increase in the porosity of the coatings, the increase in the number and size of the oxide layers, is due to the oxygen contained in the transport gas. Increasing the porosity reduces the cohesive strength, because the pores are voids with zero strength.

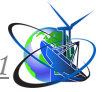
Physico-chemical features of the DM process are associated with the difficulty of obtaining quality coatings. This is due to the combustion of alloying elements in the applied material, and the saturation of the powder metal with gases from the atmosphere in the combustion zone of the arc. Typical DM equipment is characterized by a wide spray angle, up to 70 °, low, 0.5-0.6, the utilization factor of the metal, reducing the concentration of alloying elements and excessive oxides in the coating.

To eliminate these shortcomings, activated arc metallization (ADM) equipment has been developed, which differs from the typical one in that combustion products (propane-air mixture) are used as a gas conveyor. In ADM devices, the spray angle is 10 degrees, the utilization factor of the material reaches 85%, particle velocity - 140-200 m / s, the degree of oxidation of the steel coating - 2.1-2.9%, porosity - 2%. On average, the level of parameters is 40% higher in comparison with both domestic and foreign DM installations [7, 25-26].

Expensive nickel-based alloy powders are used as materials for the application of wear-resistant coatings in PN and DP [6]. Economically doped Fe-Cr-B iron-based flux-cored flux-cored wires (DM) have become widespread for DM, which, unlike solid wires (SP), makes it easier to obtain wear-resistant coatings of the required alloying system, which is necessary to vary the coating composition in different modes. wear. Coatings from the specified PP [7, 25-26] provide increase in wear resistance of steels in 2-5 times and advantages of DM at spraying on working bodies of agricultural machines.

It should be noted that at high contact loads and the presence of shocks the greatest danger is wear on the mechanism of internal friction. For coatings, it is probably due to the occurrence and development of microcracks in oxide films. Oxide films and even larger pores can contribute to the exfoliation of metal by the mechanism of internal friction, increasing the rate of mechanical wear of the metal coating. Oxide films formed during spraying play a dual role. On the one hand, it is one of the hardest components of the coating structure, its microhardness is 5-6 GPa. On the other hand, oxides are a fragile part of the structure, characterized by low adhesion to other components. Therefore, for each type of coating there is an area of optimal oxide content. Taking into account the above, it is necessary to consider the peculiarities of the formation of metallic coatings and methods of improving the technology of their application, to ensure wear resistance of coatings during impact and abrasive wear, typical of operating conditions of tillage machines [6-9].

Comparing the coating sprayed with EM-14 without the use of a restorative atmosphere with the coating applied by ADM-10, it was found that the resistance of coatings and impact abrasion increases several times with decreasing oxidation of



droplets, and as a result - oxidation of the coating.

Tests of materials 10HGSA, 45G, 50HFA, 30X13 showed that the coating of steel 30X13 has the best results: wear resistance is 2-5 times higher than coatings of other materials; there is a released martensite and structural transformations in it will be accompanied by compressive stresses favorable for operating loads.

Subsequently, a sample of active arc metallization coatings made of 30X13 solid wire was adopted as a reference for testing the wear resistance of coatings.

Therefore, to improve the properties of coatings, it is necessary to create a protective atmosphere, especially in the combustion zone of the arc, as well as alloying of powder metal elements - deoxidizers, this will reduce the amount of oxide film on the particle surface [4,8-9].

Dependence of coating properties on the material alloying system

The choice of the doping system of the sprayed material, through the simulation of the process of oxygen supply to the sprayed particles makes it possible to obtain the required amount of oxides in the metallization coating and the required indicators of its properties. Technological parameters of arc metallization should be optimized according to an independent criterion that determines the performance of coatings during operation. The adhesive strength of coatings is a criterion in the conditions of impact and abrasive wear, which shows their ability to resist peeling from the base.

When estimating the dependence of the properties of coatings on the composition of the sprayed material, the model of particle oxidation in arc metallization, presented in [4, 9-10].

The works describe the process of arc metallization, consisting of three zones, which differ in the interaction of the sprayed metal with oxygen in each zone. The first stage describes the behavior of the metal at the end of the electrode. The second stage characterizes the metal in the combustion zone of the arc. The third stage describes the flight of drops over the spraying distance.

Equipment and materials for coating

Installation of active arc metallization ADM-10, designed for wear-resistant and anti-corrosion coatings of wire materials by thermal spraying. The installation is operated in the conditions for which the products are designed in category 3, in accordance with GOST 15150-69.

The installation works from a three-phase alternating current network with a voltage of 380/220 V, frequency 50 Hz. The operation requires the presence of compressed air, propane, and welding power supply with a rigid characteristic of VDU-506.

The process of melting wires with an electric arc and spraying molten metal with a high-speed jet of transport gas is the basis of the installation.

The installation works as follows:

1. voltage is applied to two wires that act as electrodes;
2. wires at a constant speed enter the spray head of the metallizer, where as a result of the convergence between them there is an electric arc and melting;
3. transport gas (compressed air and propane) blows the particles of molten metal from the ends of the wires, picks them up, accelerates to high speed and provides delivery to the surface of the workpiece.



When spraying PP in typical modes, the alloying elements burn out and saturate the metal sprayed with oxygen from the atmosphere. The diversity and complex nature of the relationship of parameters that determine the possibility of obtaining high-quality coatings, make it appropriate to use the method of experiment planning [9,10]. Using the method of experiment planning, it is possible to investigate the influence of technological parameters of ADM on the properties of metallic coatings with PP and perform their optimization.

To perform the installation work requires a summary:

- compressed air;
- propane;
- voltage from the welding power supply.

In the study of coatings were used: solid wire brand 30X13 FeC-Cr doping system and flux cored wire of the base Fe-Cr-B doping system of different brands: 45X13P10CI Fe-Cr-B-C-Y doping system; 40X18P10C5I alloying system Fe-Cr-B-Si-Y; 40X18P5Ю5CI alloying system Fe-CrB-Al-Y with a diameter of 2.0 mm (table 2).

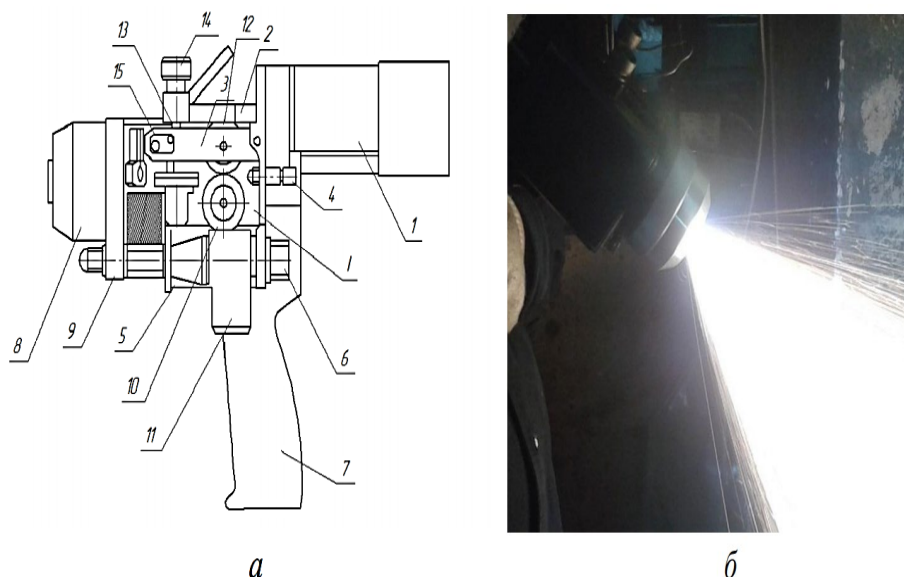


Figure 3. - General view of the metallizer: a - metallizer device; b - installation in operation; worm reducer - 1; electric motor - 1; bracket of the mechanism of pressing of rollers - 2; levers - 3; front and rear guides - 4; crankcase tray - 5; power lines - 6; handle - 7; spray head - 8; plate - 9; feed rollers - 10; crane - 11; clamping rollers - 12; springs - 13; nuts - 14; levers - 15 [10].

Table 2 - Estimated chemical composition of the wires used.

Brand of wires	Mass fraction of elements, %						
	C	Cr	B	Al	Si	Y	Fe
СП 30X13	0,16-0,25	12-14	-	-	До 0,6	-	Basic
ПД 45X13P5CI	0,6	13	5	0,2	1	1	Basic
ПД 20X11P5C5I	0,2	11	5	0,2	4,5	1	Basic
ПД 20X11P5Ю3CI	0,2	11	5	3	1	1	Basic

During the process of arc metallization using the ADM-10 installation, auxiliary



equipment was used:

- cassettes with electrode wire;
- device for installing cassettes, which eliminates the possibility of touching the wires when unwinding to avoid short circuits;
- compressed air network;
- propane network (cylinder).

The coating was sprayed on the surface of plates made of steel 40 according to GOST 1050-88, the thickness of the coating is 2.5 mm. Surface preparation of samples for coating was carried out in accordance with GOST 9.304.

Before spraying the surface of the plates was degreased with acetone according to GOST 2768-84. The surface was blown with compressed air and jet-abrasive treatment. The air temperature during the preparation of the surface for spraying was carried out was not lower than plus 5 ° C in order to exclude moisture condensation on the samples.

The coating was applied no later than 2 hours after jet-abrasive treatment using the installation of activated arc metallization ADM-10.

The samples for research were cut on an EDM CHARMILLES CUT 20 EDM machine from plates with sprayed activated arc metallization coating.

Preparation of micro- and macro-sections of samples for research of structure, physical-mechanical and operational properties of samples of coverings was carried out with use of nitric acid (HNO₃) - GOST 4461-77, ethyl technical alcohol (C₂H₅OH) - GOST 18300-87, distilled water (H₂O). GOST 6709, paste GOI № 2 (TU 6-18-36) and diamond paste NOM 60/40 (GOST 25593).

Results of optimization of arc metallization modes

Tables 3 and 4 show the results of determining the modes of arc metallization by planning an experiment on the criterion of maximum adhesive strength of flux coated wire coatings 20H11R5Yu3SI, which determines their ability to resist peeling under operating conditions of the working bodies of tillage machines.

Table 3 - Estimation of statistical significance of coefficients *.

Factors	Beta	<i>t</i> (3)	<i>p</i> – level
<i>I</i> , A	0,55	8,78	0,005
<i>U</i> , B	0,07	1,38	0,287
<i>T</i> , MM	0,73	12,59	0,002
<i>S</i> , MM	-0,4	-5,05	0,018

* *Beta* - regression coefficient; *p* - level of significance; *t* - Student's criterion.

The linear regression equation is adequate to the experimental data according to Fisher's test. All coefficients of the regression equation, except for the determining influence of the arc voltage, are statistically significant according to the Student's t-test for a given p-level of significance.

**Table 4 - Assessment of the adequacy of the linear model ***

Factor	SS	cc	MS	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>I</i> , A	90,64	1	89,06	78,06	0,004
<i>U</i> , B	2,18	1	2,14	1,84	0,267
<i>T</i> , MM	184,16	1	184,16	159,45	0,001
<i>S</i> , MM	28,95	1	29,95	25,20	0,015
Error	3,46	3	1,16		
Total SS	308,33				

* *SS* - the sum of squares; *cc* - degree of freedom; *MS* - root mean square;
F - Fisher's test; *p* - level of significance.

The dependence of the adhesive strength of the coating on the parameters of DM can be estimated by the results of regression analysis:

$$y = 0,52x_1 + 0,74x_3 - 0,34x_4 \quad (2)$$

where x_1 is the arc current, A; x_3 - coating thickness, mm; x_4 - spray distance, mm

The obtained results were performed using surface graphs (Fig. 4 and 5).

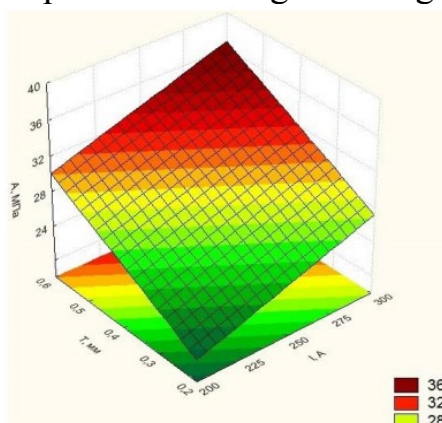


Figure 4. - Graph of the surface for the factors of arc current and coating thickness.

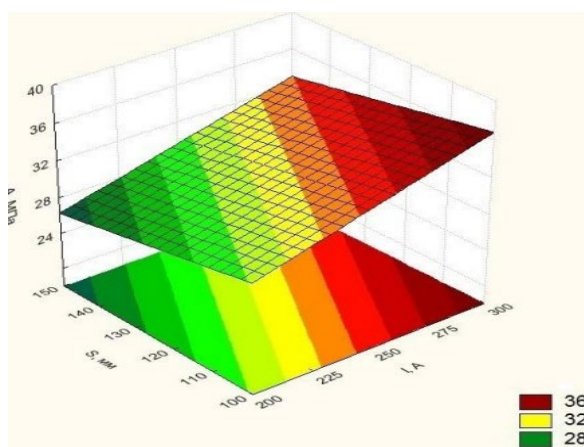


Figure 5. - Graph of the surface for the factors of arc current and spray distance.



Analysis of these data allows us to conclude that the adhesion of metallic coatings increases with increasing thickness, arc current, as well as reducing the spraying distance (in order to reduce the effect of factors), the effect of arc voltage is statistically significant.

In DM, an increase in the arc current leads to an increase in particle temperature, the development of interaction in the contact "particle-substrate" and increase the adhesive strength of the coating. Increasing the arc voltage, despite the increase in particle temperature, leads to a decrease in the utilization rate of the metal particles and its burnout by increasing the arc length [4], which probably causes little effect of this factor on the adhesion of the metal coating. The regularities obtained in this work coincide with the data of other authors [3, 4]. In DM, the specific energy expended on melting, overheating and evaporation of the metal, with increasing arc power increases, and therefore increases the temperature of the sprayed particles. Increasing the temperature of the sprayed particles in turn leads to increased adhesion strength, density and surface development of the resulting coatings.

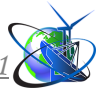
When choosing the mode, you should strive for the minimum values of arc voltage without violating the stability of the process, and the power required to overheat the sprayed particles to set by changing the current [7].

To optimize the technological parameters of arc metallization by the criterion of maximum strength of sprayed coatings used the method of steep ascent, table 4 [7].

As a result, the optimal parameters of arc metallization of powder wire coatings 20X11P5IO3CI were determined: $I = 320 \pm 15$ A; $U = 34 \pm 1.5$ B; $S = 0.7 \pm 0.05$ mm; $L = 95 \pm 5$ mm, this metallization coating was the most durable, so it can be stated that it has the highest adhesive strength.

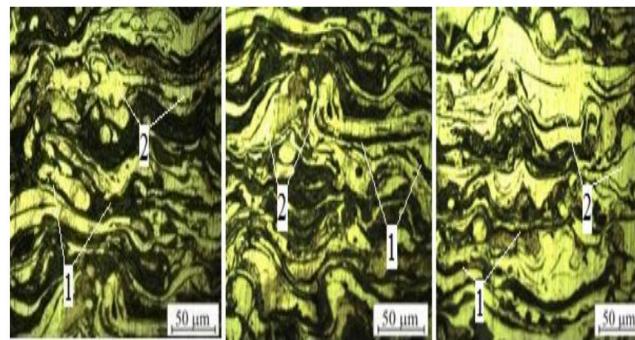
Table 5 - Optimization of arc metallization modes by steep ascent.

Characteristic	Factor		
	x_1 , A	x_3 , MM	x_4 , MM
Zero level x_{i0}	300	0,8	100
Variation interval Δx_i	50	0,2	25
Coefficient b_i	0,54	0,75	-0,30
The product $b_i \Delta x_i$	27	0,15	7,5
Step h_a when changing the base factor x_i на 10	10	0,054	2,778
Rounding the variation step	10	0,05	2,8
State variable	Steep growth		
$\bar{y}$	310	0,65	97,2
36,97	310	0,65	97,2
42,76	320	0,7	94,4
31,18	330	0,75	91,6



The results of experimental studies

The obtained metallization coatings (Figure 7) have a lamellar-porous structure characteristic of gas-thermal spraying methods, where light areas are a metal base formed from droplets of molten metal, and dark ones are a layer of oxides formed by oxidation of droplets at the spraying distance. The coatings are characterized by a significant uneven alloy of individual sprayed particles with each other. Probably, the microheterogeneity of the coating structure is due to the presence of refractory boron-containing components in the PP.



a)

b)

c)

Figure 6. - Structure on cross sections of coatings:

a - flux-cored wire 45X13P5CI; **b** - flux-cored wire 20X11P5C5I; **in** - flux-cored wire 20X11P5IO3CI **1** - oxide films; **2** - metal.

Coatings made of flux-cored wire 20X11P5IO3CI (Figure 6, c) have less microheterogeneity, their structure is thinner, less oxide films, and they are smaller, which is probably due to the lower degree of oxidation of the coatings.

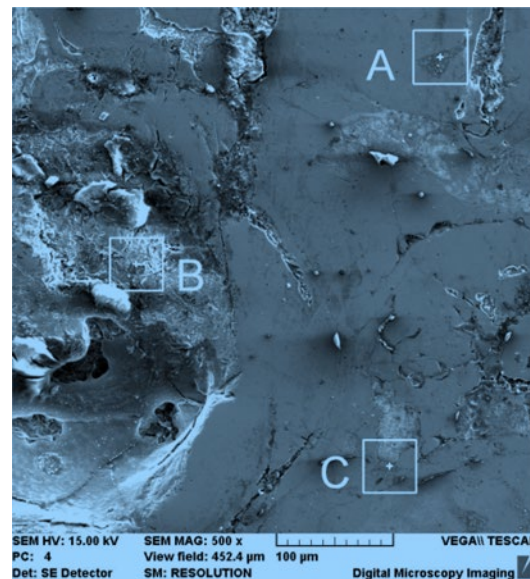


Figure 7. - Microstructure of the coating with flux-cored wire 20X11P5IO3CI:
A, B, C - areas of the microstructure with different composition.

It was previously noted that oxide films promote the exfoliation of metal by the mechanism of internal friction, increasing the rate of mechanical wear of the coating. Favorable microstructure of the coating of flux-cored wire 20H11R5Yu3SI with a



minimum amount of oxide films in the end may cause high performance of its physical and mechanical and operational properties.

According to the results of determining the porosity of the coating of flux-cored wire 45H13R5SI maximum pore size is 24.2 μm , minimum - 1.2 μm , while the number of pores up to 10 μm is estimated at 92.8%, the area of these pores is 69.7%, volume - 46.7% (table 6).

Table 6 - Distribution of coating time with flux-cored wire 45X13P5CI by size, area and volume.

<i>D</i> , MKM	0,-2	2-4	4-6	6-8	8-10	Σ
<i>n</i> ,%	30,0	43,5	12,0	4,4	1,8	91,7
<i>A</i> ,%	5,4	22,6	19,8	13,12	9,8	70,72
<i>V</i> ,%	1,12	8,3	12,92	12,4	11,56	46,3

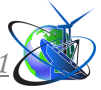
Table 7 - Distribution of coating time with flux-cored wire 20H11R5S5I by size, area and volume.

<i>D</i> , MKM	0,-2	2-4	4-6	6-8	8-10	Σ
<i>n</i> ,%	30,2	42,5	12,8	5,5	2,3	93,3
<i>A</i> ,%	5	20,8	17,9	14,8	11,8	70,3
<i>V</i> ,%	1,01	8,5	11,75	13,8	14,1	49,16

The coating with PP 20X11P5IO3CI differs in the greatest uniformity of distribution of microhardness on thickness that is explained by uniform distribution of strengthening phases in firm solution and smaller degree of oxidation that leads to decrease in thickness of an oxide layer. Boron components in the coating cause high hardness, which is one of the main factors affecting wear resistance. As a result of determining the wear resistance of the fixed abrasive it was found that the greatest weight loss are coatings with PP 45H13R5SI, and the smallest - coatings with PP 20H11R5Yu3SI, while the wear resistance of coatings with PP 20H11R5Yu3SI is 3.58 times higher than the wear resistance of coatings with SP 20X13 and times higher than 28MnB5 steel samples.

Table 8 - The number of pores up to 10 μm .

<i>D</i> , MKM	0,-2	2-4	4-6	6-8	8-10	Σ
<i>n</i> ,%	31,8	43,9	13,5	5,7	2,8	97,7
<i>A</i> ,%	5,3	21,7	18,9	15,9	12,7	74,5
<i>V</i> ,%	1,15	8,8	12,7	14	13,9	50,55



For the coating of flux-cored wire 20H11R5S5I the maximum pore size is 27.7 μm , the minimum - 1.2 μm , while the number of pores up to 10 μm is estimated at 92.5%, the area of these pores is 69.4%, the volume - 47.9% (table 7). For the coating of flux-cored wire 20X11P5IO3CI the maximum pore size is 28.3 μm , the minimum - 0.5 μm , while the number of pores up to 10 μm is estimated at 96.2%, the area of these pores is 72.2%, the volume - 49.8% (table 8).

The number of large pores with sizes larger than 10 μm for coatings of flux-cored wire 45X13P5CI, 20X11P5C5I, 20X11P5IO3CI is estimated at 2.2; 2.5 and 2.6%, which suggests their insignificant role in reducing the resistance of coatings to impact and abrasion. fine-porous structure of coatings indicates the stability of the process of spraying flux-cored wire. The lowest porosity is in the coating with flux-cored wire 20X11P5IO3CI (2.8%), and the highest - in the coating with flux-cored wire 45X13P5CI (3.5%).

Conclusions

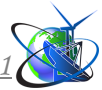
Thus, the introduction of gas-thermal spraying technology to strengthen the working bodies of tillage machines, allows to reveal the influence of the composition of sprayed materials and modes of their application on the process of spraying oxidation coatings, which determines their physicomachanical and operational properties, in particular work of working bodies of tillage machines.

During the study, it was found that the dependence of physical and mechanical and operational properties of metallic coatings of flux-cored wires from their alloying system. The microhardness of 20X11R5Yu3CI flux coated coatings is 1.35 times higher on average, the porosity is 1.45 times lower, and the wear resistance is 1.15 times higher than for 60X13P5CI flux coated coatings. Metallographic studies have shown that the structures of metallization coatings of flux-cored wires 60X13P5CI, 20X11P5C5I, 20X11P5IO3CI differ.

Operational studies of loosening paws coated with flux-cored wire 20X11P5IO3CI showed that the relative wear resistance of reinforced plowshares was 2.18-2.66 times, for double-sided bit - 1.97-2.45 times relative to the serial, due to high physical performance -mechanical and operational properties of metallic coatings. The technological process of arc metallization of wear-resistant coatings of flux-cored wire 20X11P5IO3CI has been developed, which allows to increase the wear resistance of working surfaces by loosening cultivator legs and their resource by 1.8 times.

References

1. The market of agricultural machinery of Ukraine through the eyes of its dealers: website. URL: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1726-rynok-silhosptekhniky-ukrayiny-ochyma-yiyi-dyleriv> (access date 01.10.21)
2. E. Posviatenko, N. Posviatenko, R. Budyak, L. Shvets, Y. Paladiichuk, P. Aksom, I. Rybak, B. Sabadach, V. Hryhorychen. Influence of a material the technological factors on improvement of operating properties of machine parts by reliefs and film coatings. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 5/12 (95). ISSN 1729-3774. P. 48-56.
3. Shkilov OV The state of the material and technical base of agriculture and the



sources of its renewal. O.V. Schools. Formation and implementation of state policy for the development of material and technical base of the agro-industrial complex in Ukraine. - K.: IAE УААН, 2003. - С. 398–40

4. Machinery market 2020: will there be a tractor in the field: website. URL: <https://agroportal.ua/ua/views/blogs/rynok-tekhniki-2020-budet-li-traktor-v-pole/> (access date 04.10.21)

5. Nepochatenko AV The influence of the level of wear of the machine-tractor fleet on the main performance indicators of agricultural enterprises. A.V. Непочатенко, В.А. Непочатенко. Economics and management of agro-industrial complex: coll. Science. work. - Bila Tserkva, 2012. - Issue. 9 (97). - S. 9—12.

6. Y. Paladiichuk. Desining the structures of solid-alloy elements for broaching the holes of significant diameter based on the assessment of their strength Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. № 3. (7-105), P. 57-65 (Scopus), SNIP.

7. Dobrovolsky, AG Abrasive wear resistance of materials: a reference guide. A.G. Dobrovolsky, P.I. Кошеленко. Kyiv: Tehnika, 1989. 128 p.

8. Sidashenko OI Repair of machinery and equipment: Textbook. for ed. OI Sidashenko, OA Naumenka. - H .: "Miskdruk", 2010. -744 p.

9. Iron-based coatings arc-sprayed with cored wires for applications at elevated temperatures. B. Wielage, H. Pokhmurska, M. Student, V. Gvozdeckii, T. Stupnyckyj, V. Pokhmurskii. Surface & Coatings Technology. 2013. 220. P. 27–35

10. Budko, S.I. Methods of increasing the efficiency of strengthening the parts of ploughshare-dump plows by arc surfacing with hard alloys: author's ref. dis. ... cand. tech. Science. SPb., 2009. 20 p.

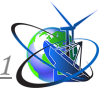
Анотація. Інтенсивне ущільнення ґрунту, що спричинене застосуванням сучасних потужних тракторів із великою вагою та наявністю у них більших робочих швидкостей, і як наслідок зменшується термін експлуатації ґрунтообробної техніки. Складні погодні умови викликають збільшення навантаження на робочі органи ґрунтообробних машин (леміші плуга, культиваторні лапи).

У статті розглядається проблема відновлення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин за рахунок нанесенням зносостійких покриттів. Проаналізовано види зношування та вплив абразивних матеріалів на робочі органи ґрунтообробних машин. Визначинні оптимальні матеріали та методи підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин. Розглянуто особливості формування металізаційного покриття, що відображається в його структурі та характер дефектів, які можуть відрізнятися за розмірами, щільності, морфології і орієнтації. Обґрунтованно залежність властивостей покриттів від системи легування матеріалу. Наведенно устаткування і матеріали для нанесення покриттів.

З врахуванням отриманої інформації, зробленні висновки та проведений аналіз технології нанесення зносостійких покриттів для відновлення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин.

Ключові слова: ґрунтообробна техніка, технічне обслуговування, обробіток ґрунту, металізація, наплавка, порошковий дріт, дугова металізація, напилення.

Стаття отправлена: 10.12.2021 г.
Паладийчук Ю.Б., Телятник И.А.



УДК 004.2

ISSUES OF IMPROVING THE AIR-GAS CONTROL QUALITY AT COAL ENTERPRISES OF UKRAINE**ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АЕРОГАЗОВОГО КОНТРОЛЮ НА ВУГІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ****Smirnov A. M. / Смірнов А. М.***Ph.D, Senior Researcher / канд. тех. н., ст. н. співр.*

ORCID: 0000-0003-2827-521X

Mineev S. P / Мінєєв С.П.*D.Sc., Professor / докт. тех. н., проф.*

ORCID: 0000-0000-0000-0000

Motronenko D.V. / Мотроненко Д.В.*junior researcher / мол. н. співр.**Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU),**Dnipro, 2A Simferopolska St., 49005**Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,**м. Дніпро, вул. Симферопольська 2А, 49005***Makarenko R.V./Макаренко Р.В.***Deputy Chief Engineer / заст. гол. інженера**Mine Management Heroes of Space PJSC "DTEK PAVLOGRADVUGIL",**Pavlograd, Shahtars'ka 10, 51453**Шахтоуправління ім. Героїв Космосу ЧАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»,**м. Павлоград, вул. Шахтарська 10, 51453*

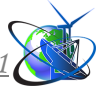
Анотація. У статті розглянуто питання щодо покращення роботи систем аерогазового контролю (АГК) на вугільних підприємствах України. Виявлено фактори, що визначають аерогазовий стан у вугільних шахтах, та встановлено, що основним технологічним фактором є якість проекту системи АГК і рівень її експлуатації в реальних умовах. Проаналізовано окремі недоліки, запропоновано методи і розроблено технічні рішення для покращення роботи систем АГК. Проведено аналіз існуючої нормативної бази в Україні, що регулює проектування та експлуатацію систем АГК на вугільних підприємствах. Зроблено висновки щодо необхідності модернізації систем АГК та створення нового нормативного документа з проектування та експлуатації систем АГК у вугільних шахтах.

Ключові слова: вугільна шахта, метан, аерогазовий контроль, датчик, нормативні документи.

Вступ.

Аерогазовий контроль в шахтних виробках - одна з найважливіших складових безпеки робіт, що виконуються в сучасних вугільних шахтах України. При розробці вугільних родовищ одним з основних факторів, що ускладнюють видобуток вугілля, є підвищений вміст метану, пилу та інших небезпечних і шкідливих газів в рудничній атмосфері, що підвищує ризик виникнення нещасних випадків, пов'язаних з вибухами метану, пожежами, геодинамічними явищами, та інших небезпечних ситуацій.

Картина аерогазового стану (АГС) виїмкової дільниці характеризує поточний стан об'єкта за сукупністю його аерогазових параметрів (процентний вміст метану, пилу та інших шкідливих газів в рудничній атмосфері, витрати



повітря, витрати метану та ін.), поведінка яких встановлюється по вимірах витрат повітря і концентрацій метану і інших газів в місцях установки датчиків. Картина АГС описує **стан об'єкта** на деякому етапі його роботи і є основою для виявлення небезпечних ситуацій, тенденцій і прогнозу [1].

Основними факторами, що визначають аерогазовий стан у вугільних шахтах, є: різноманіття геолого-генетичних умов і фізико-хімічних процесів, що відбувалися під час вуглеутворення, ступінь метаморфізму вугілля, природна метаносність вугілля в пласті (встановлюється для шахтопласта або його частини за результатами вимірів метану в вугіллі з розвідувальних свердловин), якість опрацювання питань розкрою шахтних полів на етапі проектування та інженерного забезпечення гірничих робіт (технологічні фактори).

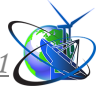
До технологічних факторів, що впливають на аерогазовий стан у виробках вугільних шахт, відносяться:

1) Незадовільна організація провітрювання шахт, про що свідчить той факт, що найбільша кількість повітря, що подається в шахту, витрачається на провітрювання підтримуваних виробок і внутрішні витоки повітря (близько 56%). На провітрювання виїмкових ділянок і підготовчих вибоїв витрачається 30-40% повітря, що подається в шахти [2]. Вентиляційні системи шахт є основним фактором забезпечення безпечної роботи гірничодобувних підприємств. Разом з тим відбувається безперервне фізичне і моральне старіння парку вентиляторів, їх експлуатація проводиться з порушеннями правил технічної експлуатації (ПТЕ) і факторів безпеки. Також впливають низькі швидкості руху повітря по виробці. В результаті недостатньої турбулентності повітряного струменя утворюються місцеві та шарові скупчення метану високої концентрації, загазування куполів, "кутків", тупиків і інших ділянок виробок (забоїв), що слабо обдуваються. Згідно з дослідженнями, близько половини спалахів і вибухів метану в підготовчих виробках прямо або побічно пов'язане з наявністю шарових скупчень метану. Через недостатнє провітрювання (швидкості струменя повітря) виникає скупчення метану високої концентрації в місцях впливу виконавчого органу прохідницьких і видобувних комбайнів на вугільний масив.

2) Незадовільна ізоляція виробленого простору, наявність пустот, великих витоків повітря неодноразово були причинами самозаймання вугілля і вибухів метану з припиненням гірничих робіт на тривалий час в цілому по шахті.

3) Незадовільне управління покрівлею. Проведення позапланових і непотрібних виробок з подальшою їх ізоляцією без погашення. В цьому випадку скупчення метану відбувається у виробленому просторі очисних забоїв, але який ще не обрушився. Деякі керівники та ІТП шахт недооцінюють приховані, неконтрольовані скупчення метану в куполах, завалах за механізованим кріпленням лави, в ізолюванні, але не погашеній виробці, на підставі того, що метан завжди є у виробленому просторі.

4) Відсутність на шахтах дегазації. Тільки засобами вентиляції забезпечити концентрацію метану в шахтній атмосфері в межах допустимих норм на деяких шахтах неможливо. Дегазаційні станції на переважній більшості газових шахт



при будівництві проектом не передбачаються, а коли в них виникає потреба, швидко побудувати їх неможливо. Дегазація з поверхні через свердловини здійснюється не постійно з однаковою ефективністю, має місце несвоєчасне буріння нових свердловин, висока аварійність з обладнанням і електропостачанням.

5) Присутність зваженого в повітрі горючого пилу, яка знижує нижню межу вибуховості метану, а присутність метану, в свою чергу, посилює вибуховість вугільного пилу. Дана обставина принципово змінює вимоги до контролю безпеки атмосфери: «повітря - метан - вугільний пил». Так, суміш «пил - повітря» вибухонебезпечна при концентрації пилу 40 г/м³, а при додаванні приблизно 2% метану вибух можливий при концентрації всього 16-20 г/м³ [3]. Для виключення взаємного посилення вибухових властивостей в системі «повітря - метан - вугільний пил» в правилах безпеки було передбачено обмеження швидкості руху повітря в очисних і підготовчих вибоях (до 4 м/с), яке в сьогоденні шахтах часто ігнорується. Тому пил, що утворюється при відбивання вугілля, не осідає, а витає в повітрі, представляючи собою вибухонебезпечний аерозоль.

Таким чином, в високо механізованих вугільних шахтах мають місце технологічно небезпечні умови щодо вибуху метанопилоповітряної атмосфери у лавах і прилеглих виробках, так як за відомими з літератури даними, така атмосфера надзвичайно вибухонебезпечна і вибух може статися від випадкової іскри.

6) Людський і організаційний фактор, що визначає якість організації праці, посадових інструкцій і їх виконання.

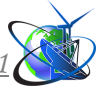
7) Якість проекту системи аерогазового контролю (АГК) і рівень експлуатації цієї системи в реальних умовах вугільної шахти.

Для контролю параметрів рудничної атмосфери застосовують автоматизовані системи аерогазового контролю (АГК), які встановлюються на вугільних підприємствах згідно з проектами з урахуванням вимог існуючих в Україні нормативних документів та інструкцій.

Система АГК призначена для безперервного автоматичного контролю параметрів, що характеризують аерогазовий режим шахти (збагачувальної фабрики), збору, обробки, відображення та зберігання інформації, управління установками та обладнанням з метою своєчасного виявлення природних та техногенних небезпек, тенденцій їх розвитку та підтримки безпечного аерогазового стану. Система АГК автоматично формує та подає керуючі команди на обладнання (пристрої, агрегати), що забезпечують нормалізацію аерогазового стану, або (в аварійній ситуації) блокування виробничої діяльності на контрольованій ділянці.

Мета досліджень – виявити основні недоліки та шляхи підвищення якості аерогазового контролю на вугільних підприємствах.

Методика досліджень: виявити недоліки сучасних систем аерогазового контролю, які нині працюють на вугільних підприємствах України, проаналізувати причини недоліків та запропонувати методи їх усунення для підвищення якості аерогазового контролю на вугільних підприємствах України.



Основна частина.

В ІГТМ НАН України є багаторічний опит експертизи проектів АГК багатьох вугільних підприємств України, на базі якого проаналізовано окремі недоліки та шляхи поліпшення роботи систем АГК на вугільних шахтах.

Недоліки систем управління і моніторингу аерогазового стану у вугільних шахтах наступні:

1. Можливість «несанкціонованого втручання» в роботу термokatалітичних датчиків метану.

2. Обмеженість кількості точок контролю метану в лаві, що не дозволяє мати інформацію про розподіл концентрацій CH_4 по всьому об'єкту контролю, особливо гостро це має значення зі збільшенням протяжності очисного забою і підвищенням навантажень на нього.

3. Немоżliвість за допомогою тільки стаціонарних датчиків метану забезпечити швидкодію засобів автоматичного газового захисту $\leq 0,8$ с, що регламентоване нормативними документами на випадок швидкоплинних процесів утворення вибухонебезпечних концентрацій CH_4 при раптових викидах вугілля і газу, гірських ударах і інших масштабних газодинамічних явищах. Невирішеність питань, пов'язаних з реакцією засобів автоматичного газового захисту на короточасні пульсації концентрацій CH_4 з амплітудою, що незначно перевищує допустиму норму.

4. Недосконалість методів і засобів контролю швидкості, витрати і напрямку руху повітря в шахтних виробках, велика їх інерційність і низька швидкодія.

5. Відсутність безперервного автоматичного вимірювання концентрації пилу, оксиду вуглецю, небезпечних і шкідливих газів та кисню в рудниковому повітрі стаціонарними датчиками, включеними до системи АГК, з метою санітарно-гігієнічного контролю, технологічного контролю рудничної атмосфери і зниження пиловибухонебезпечності.

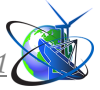
6. Потреба в коригуванні нормативних документів щодо аерогазового контролю на вугільних підприємствах.

Обговорення отриманих результатів.

Розкриємо детальніше проблеми, що виникають за пунктом 1.

У ряді випадків можливе несанкціоноване втручання в роботу апаратури контролю метану, пов'язане з обмеженням доступу атмосфери до чутливого елемента датчика, що бажано визначати в автоматичному режимі. Існують деякі способи визначення подібних ситуацій [4]. Як часто буває в реальних умовах, в результаті несанкціонованого втручання в роботу апаратури для запобігання аварійного відключення обладнання на ділянці, наприклад, шляхом накидання на датчик фуфайки і поліетиленового мішка, або опускання датчика на ґрунт виробки, на сервер оператора АГК надходить недостовірні інформація від датчиків контролю аерогазового стану. Це призводить до пропуску аварійної по газу ситуації в шахтних виробках і зниження рівня безпеки праці на ділянках. В ІГТМ НАНУ розроблено ряд способів запобігання несанкціонованого втручання в систему АГК шахти [5, 6].

Розглянемо питання, пов'язані з пунктом 2 недоліків АГК.



Метан, змішуючись з повітрям, вибухає при концентрації в середньому від 5 до 15%. Ці значення можуть дещо змінюватися під впливом температури і тиску повітря, а також температури джерела займання. За встановленими правилами прийнято вважати безпечною концентрацію метану в атмосфері шахти, що дорівнює або менше 2%, при цьому для найбільш небезпечних зон - очисних і підготовчих забоїв і виїмкових ділень, де виділяється основна кількість газу, допустима концентрація встановлена 1% (в середньому по перетину вироблення). Саме при такій концентрації відбувається відключення електроенергії на ділянці. Так налаштована система автоматичного газового захисту. Але при цьому не враховується, що метан розподіляється нерівномірно по перетину вироблення. Недостатність просторової мережі датчиків ускладнює побудову поточних і прогнозних картин аерогазового стану в виробках (особливо для динамічних газопроявлень) і унеможливорює відтворення картин геогазового стану в зонах ведення гірських робіт. У практичному плані контроль граничного вмісту метану міг би вважатися достатнім за умови його підтримки по всьому об'єму очисного забою. Однак просторовий розподіл концентрації метану, особливо при працюючому комбайні по відбиванню вугілля, є нерівномірним і може перевищувати допустимі 2% в місцевих скупченнях, що мають місце в зоні роботи комбайнів і бурових верстатів. До найбільш імовірних місць формування підвищених концентрацій метану відносяться також підпокрівельні простори в лавах і тупикових гірничих виробках, де можуть виникати шарові скупчення, які не провітрюються вентиляційним струменем.

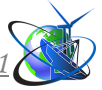
Питання по 3 пункту пов'язані з розвитком науково-технічної бази удосконалення конструкції і параметрів існуючої вимірювальної техніки, що застосовується в системах АГК вугільних шахт.

На шахтах України для аерогазового контролю найбільш часто застосовується апаратно-програмний комплекс подання та обробки інформації про аерогазового обстановці в гірських виробках КАГІ. Цей комплекс здійснює прийом і аналіз дискретних сигналів апаратури АКМ і апаратури ІСНВ, а також зберігання цієї інформації на жорсткому диску сервера ділянки АГК, що дає можливість оперативного управління режимами видобутку вугілля шляхом прогнозування газового стану та управління технологічними рішеннями [7].

Основні причини отримання неправдивих даних наступні:

- низька швидкодія датчиків;
- проблема з електроживленням;
- перенесення датчиків;
- невірна настройка і розташування датчиків контролю;
- втрата зв'язку з сервером;
- ремонтні операції з системою контролю;
- відсутність датчиків швидкості повітря в місцях розміщення датчиків контролю метану.

Необхідне вдосконалення програмного забезпечення комплексу рудничного моніторингу з метою його переведення на якісно новий рівень - від контролю до прогнозу ситуацій при планованих технологічних параметрах



режимах роботи вибоїв.

Як зазначено в роботі [4], проблемою є питання впливу газових перевантажень на параметри засобів АЗМ. Це пов'язано з тим, що термокаталітичні сенсори датчиків метану, які мають близьку до лінійної вихідну характеристику у вузькому робочому діапазоні - від 0 до 5% об'ємної частки CH_4 , піддаються впливу концентрацій, що істотно перевищують робочий діапазон. Такі перевантаження призводять до спотворення вихідних сигналів, зміни параметрів перетворювачів і до появи ефекту «селективного пропуску цілі». Ефект з'являється у вигляді припинень спрацьовування метанометров, коли концентрація метану перевищить певний рівень.

Крім того, так як тривалість перехідних процесів у виконавчих пристроях не менше 1,2 с, можна припустити, що апаратура АТ 1-1 (АТЗ-1), яку використовує КАГІ, не реагуватиме на окремі інтенсивні загазування атмосфери виробок. У зв'язку з цим набуває особливої важливості оцінка технічного стану газоаналізаторів, що відпрацювали розрахунковий термін служби.

Важливим аспектом надійного функціонування системи АЗК в шахті є якісні характеристики вимірювальних приладів первинного рівня, зокрема, метанометров, для яких істотним є їх перешкодостійкість, точність вимірювання і швидкодія, час реакції датчика на зміну вимірюваного параметра.

Норми України (ГОСТ 24032-80 «Прилади шахтні аналітичні - Загальні технічні вимоги. Методи випробувань.») встановлюють вимоги щодо швидкодії для метанометров, які застосовуються на пластах, небезпечних за раптовими викидами. Для швидкодіючих метанометров встановлені два критерії [8]:

А) Критерій за часом спрацьовування по об'ємній частці метану не більше 0,8 с (ГОСТ 24032-80, с.1.18, с. 3.18.1),

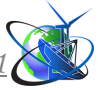
В) Критерій за часом спрацьовування по швидкості зростання об'ємної частки метану рівний 2 с, при швидкості 0,5% метану в 1с (ГОСТ 24032-80, с. 1.18).

Критерій А передбачає, щоб в разі перевищення встановленого порогу тривоги детектування і автоматичне розмикання контактів метанометра відбулося протягом часу, що не перевищує 0,8 секунди після появи концентрації метану, що перевищує встановлений поріг.

Критерій В передбачає, щоб в разі підвищення концентрації метану детектування і автоматичне розмикання контактів метанометра відбулося за час в менш ніж 2 секунди (зі збільшенням CH_4 на 0,5% в секунду) з моменту появи такого збільшення.

Для вирішення цього завдання польськими фахівцями на базі метанометра ММ-4 був розроблений швидкодіючий метанометр ММ-4В, який відповідає українським нормативним документам в частині вимог до швидкодіючих датчиків, що застосовуються на пластах, небезпечних за раптовими викидами [9].

В даний час метанометри ММ-4/ММ-4В працюють на більшості польських шахт, а також на «Шахті ім. Засядька» (з 2010 р) і «Суходольська-Східна» (з



2012 р) в Україні. У 2010 році на «Шахті ім. Засядька» була впроваджена перша швидкодіюча система моніторингу параметрів рудничного середовища БМР-ШУА. На цій шахті, а також на шахті Суходольська-Східна система відмінно себе зарекомендувала, що істотно знизило ризик аварій, пов'язаних із запаленням або вибухом метану.

Метанометри ММ-4/ММ-4В відрізняються високою точністю вимірювання в діапазоні від 0 до 5% CH_4 :

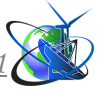
- ° 0-2% CH_4 - $\pm 0,1\%$ CH_4
- 2-5% CH_4 - $\pm 5\%$ значення показання.

Вимірювання повністю здійснюється в вимірювальній голівці. Результат кожні 200 мс відправляється в метанометр, де він зберігається і відправляється на поверхню в телеметричну станцію. У вимірювальній голівці розташовується мікроконтролер, який зчитує значення з пеллісторів 14 разів за 200 мс, обчислюється модифікована медіана з вибірки (відкидаються крайні мінімальні та максимальні значення і з решти вибірки обчислюється середнє значення), яка відправляється в метанометр для прийняття керуючого рішення. На підставі даних результатів приймається рішення про відключення електричної енергії, а дане значення концентрації метану відображається на дисплеї метанометра. У пам'яті метанометра зберігається найвище значення концентрації з 10 обчислених медіан за період 2 с. Дана інформація відправляється на поверхню в телеметричну станцію. Для швидкодіючих метанометров ММ-4В була введена модифікація, яка обчислює медіану з 7 вимірів за 200 мс. Отримані результати беруть участь в швидкодіючих алгоритмах обробки даних відповідно до українських стандартів. Такі датчики по параметрам перевершують вживані в даний момент в більшості систем АГК на вугільних шахтах України. Використання такого алгоритму обробки сигналу від пеллісторів було продиктовано результатами досліджень, проведених в Інституті Інноваційних Технологій ЕМАО (Польща).

Збільшити швидкодію апаратури газового контролю можливо за рахунок зниження постійної часу термokatалітичних датчиків при виконанні їх двокамерними і застосуванні різних теплових режимів елементів. У цьому напрямку працюють українські дослідники [10].

Згідно з пунктом 4 слід зауважити, що на шахтах в умовах геодинамічних явищ (ГДЯ) можливе різке збільшення швидкості повітряних потоків в виробках з вихідним вентиляційним струменем, а також різке зниження швидкості або реверсування потоку повітря у виробці зі свіжим струменем. Для оперативного виявлення цих процесів в системах аерогазового контролю повинні застосовуватися малоінерційні датчики швидкості.

Для ефективного використання малоінерційних датчиків швидкості необхідно обґрунтовувати найбільш доцільне місце їх установки і поріг спрацьовування захисту по величині зміни швидкості вентиляційних потоків [8]. Для виключення пошкодження малоінерційних датчиків швидкості продуктами викиду і забезпечення необхідної швидкодії захисту відстань від грудей вибою до місця установки датчика в тупикових виробках слід вибирати 40-50 м, а на виїмковій ділянці - встановлювати датчики швидкості: перший

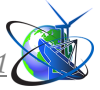


датчик - у вентиляційному штреку на відстані 30 - 40м від місця сполучення штреку з лавою, а другий - в конвеєрному штреку на відстані до 10м від місця сполучення з лавою [10]. В якості діагностичного ознаки ГДЯ слід вибрати зміну швидкості потоку за заданий проміжок часу. Отримання від малоінерційних датчиків швидкості інформації про величину пульсаційних швидкостей або ступеня турбулентності потоку дозволить додатково здійснювати прогноз небезпеки виникнення місцевих скупчень метану і своєчасно проводити роботи по їх запобіганню.

Стосовно пункту 5 слід зазначити, що в даний момент в Україні питання, пов'язані з пиловихобезпекою, регулюються окремим документом НПАОП 10.0-5.08-04. Інструкція з виміру концентрації пилу в шахтах та обліку пилових навантажень (54604) [11]. У ній зазначено (пункт 1), що виміри концентрації пилу в шахтах повинні здійснюватися шляхом відбору проб пилу аспіраційними приладами (пробонаборниками) епізодичної дії, або вимірювання концентрації пилу переносними пиломірами, допущеними для застосування у вугільних шахтах. Для оперативного пилового контролю допускається застосування апаратури стаціонарного автоматичного контролю за допомогою датчиків, встановлених в гірничих виробках, але в документі не вказані місця установки датчиків контролю пилу, в яких виробках вони встановлюються для здійснення безперервного автоматичного контролю вмісту пилу в рудничної атмосфері шахт, і, як правило, вони не застосовуються в реальних умовах через дорожнечу та відсутність програмного сервісу для інтегрування їх роботи в систему АГК.

Як зазначалося вище, у пилонебезпечних шахтах присутність зваженого в повітрі горючого пилу знижує нижню межу вибуховості метану, а присутність метану, в свою чергу, посилює вибуховість вугільного пилу. Дана обставина принципово змінює вимоги до контролю безпеки атмосфери: «повітря - метан - вугільний пил». У зв'язку з цим, в ІГТМ НАН України розроблено новий спосіб провітрювання шахтної підготовчої виробки з урахуванням запиленості [12], у якому паралельно з рівнем метану за допомогою пиломірів вимірюють рівень запиленості у виробці, передають ці дані в контролер, і в залежності від цього корегують порогові рівні для датчиків метану. Це дає можливість оперативно реагувати на раптові зміни аерогазових обставин на дільниці і своєчасно забезпечувати необхідну кількість повітря для провітрювання виробки з метою безпеки праці працівників виїмкової дільниці. На рис. 1 показано блок-схему, що описує спосіб провітрювання шахтної підготовчої виробки з урахуванням запиленості.

Спосіб реалізується наступним чином. Інформація з датчиків метану: ДМ1, встановленого у призабійному просторі і ДМ2, встановленого у гирлі виробки, і з датчика швидкості і напрямку повітря ДСНВ надходить у блок обробки 1, в якому будується залежність витрати повітря Q_x від поточної довжини виробки L_x , і ця інформація передається в блок контролера 2, у якій вона **запам'ятовується**. У блок контролера 2 з призабійного простору поступає інформація про поточну довжину виробки L_x , по якій контролер визначає



необхідну для провітрювання витрату повітря Q_x і, виходячи з цього, формує сигнал управління частотним перетворювачем 3 (ЧП), який відповідно регулює частоту обертання приводу вентилятора місцевого провітрювання 4 (ВМП).

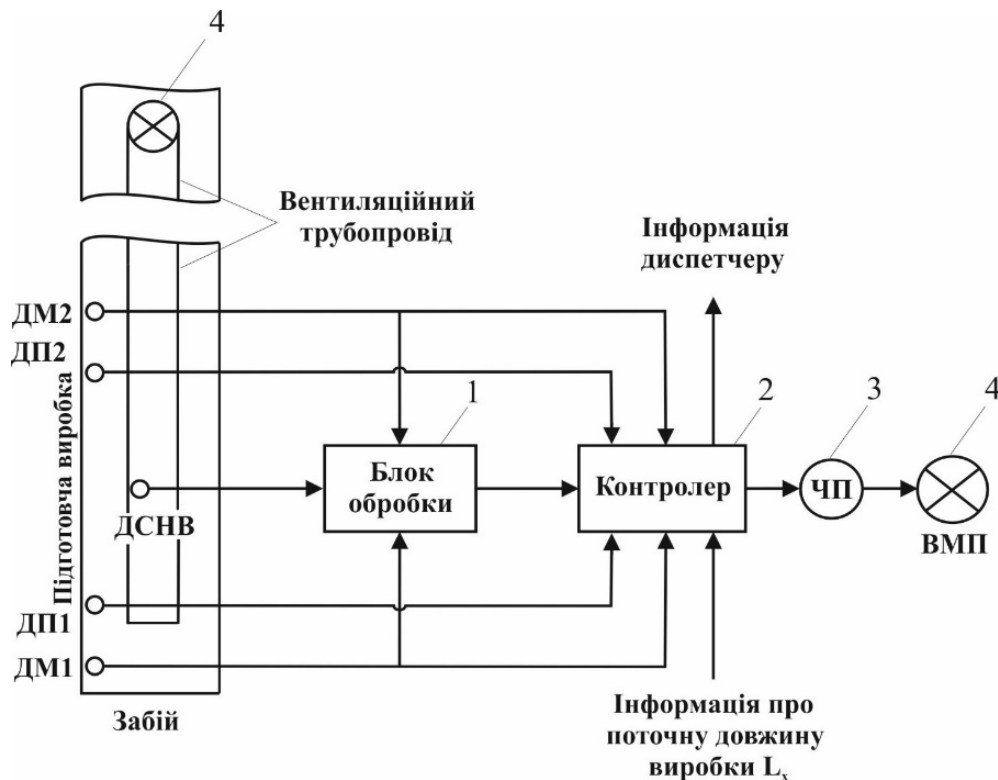
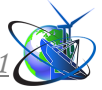


Рисунок 1 – Блок-схема способу провітрювання шахтної підготовчої виробки з урахуванням запиленості.

Для запобігання небезпеки при локальних метановиділеннях інформація з датчиків ДМ1 і ДМ2 заводиться на контролер, де показання датчиків безперервно порівнюються з пороговими нормативними рівнями вмісту метану. У разі, якщо показання хоча б одного з датчиків перевищують пороговий нормативний рівень, контролер переводить режим управління ЧП і ВМП в аварійний і вентилятор починає працювати більш інтенсивно. Коли показання датчика, що перевищили пороговий рівень, увійдуть в норму, контролер знову перемикає управління вентилятором в звичайний режим згідно розрахованої кривої.

У пилонебезпечних шахтах присутність зваженого в повітрі горючого пилу зменшує нижню межу вибуховості метану, а присутність метану, в свою чергу, посилює вибуховість вугільного пилу. З цього випливає, що в такій ситуації порогові значення датчиків метану при наявності пилу потребують коригування. Для цього датчиками пилу (рівня запиленості) ДП1 і ДП2 в зонах дії датчиків метану контролюється рівень запиленості і ця інформація передається в контролер 2. У контролері згідно зі спеціальною програмою на основі цих даних коригуються порогові рівні датчиків метану, на підставі яких відбувається управління ЧП і ВМП відповідно до вищеописаного алгоритму.

Крім того, інформація про газову ситуацію надходить на комп'ютер диспетчерові для запису історії аерогазових обставин у виробці.



Контроль вмісту метану і діоксиду вуглецю (вуглекислого газу) в шахтах відповідно до пунктів 3.7.4, 3.7.5, 3.7.8 Правил проводиться стаціонарною апаратурою, переносними автоматичними приладами і переносними приладами епізодичної дії». Але крім цієї загальної фрази, контроль стаціонарними датчиками вуглецю, небезпечних і шкідливих газів і кисню не передбачений, а також не регламентовані місця розстановки таких датчиків в шахтних виробках.

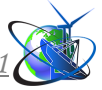
Для контролю вмісту оксиду вуглецю та виявлення ранніх ознак виникнення пожеж система АГК повинна забезпечувати: 1) автоматичне безперервне вимірювання стаціонарними датчиками концентрації оксиду вуглецю на контрольованих ділянках, телевимірювання і запис в архів і в журнал оператора АГК результатів вимірювань; 2) місцеву (в місцях найбільш ймовірного знаходження працівників) і телесигналізацію (світлову і (або) звукову) при перевищенні концентрації оксиду вуглецю порогового значення в будь-якій точці контролю і при відмові датчиків оксиду вуглецю; 3) можливість впливу на системи пожежогасіння і електропостачання. Необхідність автоматичного відключення електроенергії системою АГК і її взаємодія з системою протипожежного захисту визначаються проектними рішеннями по АГК щодо протипожежного захисту та планом ліквідації аварій.

Система АГК повинна забезпечувати автоматичний контроль вмісту водню в зарядних камерах. Датчики водню в зарядних камерах встановлюються в місцях найбільш ймовірного утворення його максимальної концентрації в процесі зарядки акумуляторних батарей. Передаварійна уставка налаштовується на 0,5% об'ємної частки, при її перевищенні система АГК автоматично відключає напругу в зарядній камері і включає світлову і (або) звукову сигналізацію. Для виявлення ознак початкової стадії виникнення пожеж повинні використовуватися датчики водню, що дозволяють вимірювати його концентрацію на рівні 0,001% об'ємної частки і менш.

Вміст кисню в повітрі виробок, безпечний для працівників, що знаходяться в них, становить не менше 20% об'ємної частки. Необхідність використання датчиків кисню для виявлення пожеж визначається проектними рішеннями по АГК і протипожежного захисту шахт.

ГДК (гранично допустима концентрація) діоксиду вуглецю (вуглекислого газу) в рудниковому повітрі складає (% об'ємної частки): а) на робочих місцях і у вихідних струменях виїмкових дільниць і тупикових виробок - 0,5; б) у виробках з вихідним струменем крила, горизонту і шахти - 0,75; в) при проведенні і відновленні виробок по завалу - 1. ГДК інших небезпечних і шкідливих газів складають (% об'ємної частки або частин на мільйон): а) оксид азоту (в перерахунку на діоксид азоту) - 0,00025 (2,5 млн- 1); б) діоксид азоту - 0,00010 (1,0 млн-1); в) сірчистий ангідрид - 0,00038 (3,8 млн-1); г) сірководень - 0,00070 (7,0 млн-1) [13]. В системі АГК у якості передаварійних уставок використовуються вказані значення ГДК. При перевищенні ГДК небезпечних і шкідливих газів роботи зупиняють, людей виводять на свіжий струмінь.

Шахти всіх категорій повинні обладнуватись стаціонарними датчиками кисню, шахти, небезпечні по виділенню діоксиду вуглецю (вуглекислого газу) - стаціонарними датчиками діоксиду вуглецю. При необхідності система АГК

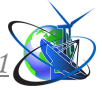


забезпечує вимір (контроль) концентрації сірководню, оксиду азоту, діоксиду азоту, сірчистого ангідриду та інших небезпечних і шкідливих газів. У разі застосування матеріалів чи технологічних процесів, при яких можливе виділення інших шкідливих речовин, система АГК здійснює контроль їх концентрацій в рудничної атмосфері. Необхідність і місця установки засобів системи АГК, контролюючих небезпечні і шкідливі гази, визначає технічний керівник шахти. Місця установки стаціонарних датчиків небезпечних і шкідливих газів і кисню визначаються проектними рішеннями по АГК, протипожежного захисту та планом ліквідації аварії.

Слід зауважити, що на деяких шахтах контроль вмісту газу метану, оксиду вуглецю, водню, температури повітря, швидкості потоку повітря, положення вентиляційних дверей та відключення електрообладнання у виробках здійснюється апаратурою УТАС за допомогою програмованих контролерів типу ТХ9042, відповідних датчиків (метану типу ТХ3261, оксиду вуглецю типу ТХ3241Ц, водню типу ТХ3241.041Ц, температури типу ПМ-2068.01Ц, потоку повітря типу ТХ1322Ц, датчиків безконтактних магнітних ТХ1004, магнітів ТХ1080), а також блоків реле ПМ-15. Вся інформація, що надходить на контролери, у повному обсязі передається на поверхню в обчислювальний комплекс (ПВК) для відображення та збереження на сервері, а також відображається на дисплеї у диспетчера та оператора УТАС. Інформація зберігається щонайменше 1 рік. Однак, з певних причин цей комплекс застосовується на невеликій кількості шахт і не оснащений піломірами та датчиками інших шкідливих газів.

Розглянемо питання, пов'язані з **пунктом 6**. Основним документом, що регулює проектування і експлуатацію систем аерогазового контролю (АГК), є «Правила безпеки у вугільних шахтах» НПАОП 10.0-1.01-10 зі змінами [14] (розділ 6 - Руднична аерологія). Це документ, що визначає основні принципи і правила організації АГК на вугільних шахтах України. Документами, в яких міститься більш детальна інформація про правила проектування, монтажу та експлуатації систем АГК на шахтах, є: "Тимчасове керівництво по обладнанню та експлуатації систем аерогазового контролю у вугільних шахтах" (АГК) вид. 1991р. [15]; "Інструкції з контролю складу рудникового повітря, визначення та встановлення категорії шахт за метаном". (НПАОП 10.0-5.02-04), 2003р. м.Київ [16]. У цих документах дані більш докладні роз'яснення по багатьом пунктам «Правил ...». Однак, як показує аналіз та практика експертних досліджень проектів АГК на більш, ніж 25 вугільних підприємствах України, проведених в ІГТМ НАНУ, деякі пункти цих документів потребують доопрацювання і коригування.

Слід зауважити, що при проектуванні, установці та експлуатації систем АГК керуватися декількома документами вкрай непродуктивно. Крім того, "Тимчасове керівництво по обладнанню та експлуатації систем аерогазового контролю у вугільних шахтах" (АГК) вид. 1991р. [15] застаріло, так як в ньому немає чіткого переліку місць установки стаціонарних датчиків контролю метану з їх уставками, а це питання обмежене лише типовими схемами розміщення датчиків в шахтних виробках, що ускладнює використання



«Тимчасового керівництва ...» проектними установами та шахтними службами АГК. "Інструкції з контролю складу рудникового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорії шахт за метаном". (НПАОП 10.0-5.02-04), 2003р. м.Київ [16] також потребують доопрацювання. Виходячи з цього виникає необхідність створення нового спеціалізованого нормативного документа з проектування та експлуатації систем АГК в вугільних шахтах, що враховує появу нових засобів контролю, обробки, аналізу та зберігання даних, нових програмних засобів, комплексний підхід до врахування всіх факторів, що впливають на аерогазову безпеку в шахтах.

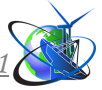
Висновки.

Виходячи з проведених досліджень питань підвищення якості аерогазового контролю на вугільних підприємствах України, можна зробити наступні висновки:

1. Основними факторами, що визначають аерогазовий стан у вугільних шахтах у процесі експлуатації, є технологічні чинники.
2. Одними з основних технологічних факторів, що впливають на аерогазовий стан у виробках вугільних шахт, є якість проекту системи аерогазового контролю (АГК) і рівень експлуатації цієї системи в реальних умовах вугільної шахти.
3. Існуючі на сучасних вугільних шахтах України системи контролю АГК потребують модернізації у зв'язку з появою нових технічних і програмних засобів, а також нових запитів, що вимагають підвищення рівня безпеки праці в шахтах.
4. З огляду на зазначені недоліки, а також появу нових засобів контролю, обробки, аналізу та зберігання даних і нових програмних засобів, виникла необхідність щодо створення нового спеціалізованого нормативного документа з проектування та експлуатації систем АГК у вугільних шахтах.

Література:

1. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах / Минеев С.П., Рубинский А.А., Витушко О.В., Радченко А.В. Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. 604 с.
2. Измалков А.В. Состояние безопасности в угольной отрасли и пути ее повышения на современном этапе / А.В. Измалков, С.Б. Романченко // Горная Промышленность, 2004.- №5. С 56-61.
3. Технологические условия работы на угольных шахтах с позиций взрывобезопасности / Н.О. Каледина, Б.Н. Кутузов, В.В. Мельник, С.А. Горинов, - МГГУ, ИГД УРО РАН, 2010. - 12 с.
4. Медведев В.Н. Контроль содержания метана в шахтной атмосфере /В.Н. Медведев // Уголь Украины. - 2008.- №3.- С.37-39.
5. Спосіб аерогазового контролю у вугільних шахтах / Смірнов А.М., Мінеєв С.П., Яценко І.О. та ін./ Патент України на корисну модель № 127398 ст. заявки № 201802784 від 19.03.2018, опубл. 21.08.2018 Бюл №16.
6. Спосіб аерогазового контролю у шахтних виробках / Смірнов А.М., Мінеєв С.П., Яценко І.О. та ін./ Патент України на корисну модель № 131382



ст. заявки № 201808088 від 23.07.2018, опубл. 10.01.2019 Бюл №1.

7. Некоторые вопросы аэрогазового контроля в условиях угольных шахт / Смирнов А.Н., Минеев С.П., Янжула А.С. и др.// Геотехническая механика, Днепропетровск: ИГТМ НАНУ. - 2017.- № 132. - С. 183-192.

8. Совершенствование способов и средств безопасной разработки угольных пластов, склонных к газодинамическим явлениям / В.П. Коптиков, Б.В. Бокий, С.П. Минеев, И.А. Южанин, А.В. Никифоров - Донецк: Проминь, 2016. 480 с

9. Э. Краузе, К. Лукович Принципы ведения лав в условиях метановой опасности / Э. Краузе, К. Лукович. - Катовице-Миколув: Главный институт горного дела в г. Катовице, 2014. – 31 с.

10. Голинько В.И. Контроль взрывоопасности среды в горных выработках и оборудовании угольных шахт / В.И. Голинько, А.К. Котляров. - Днепропетровск: Лира, 2010. - 367 с.

11. НПАОП 10.0-5.08-04. Інструкція з виміру концентрації пилу в шахтах та обліку пилових навантажень. Держнаглядохоронпраці України. - Затв. 26.10.2004р. № 236 – 11с.

12. Спосіб провітрювання шахтної підготовчої виробки з урахуванням запиленості / Мінеєв С.П., Смірнов А.М., Сачко Р.М. та ін./ Патент України на корисну модель № 149166 ст. заявки № 202103157 від 21.10.2021, опубл. 20.10.2021.- Бюл. №42.

13. Положение об аэрогазовом контроле в угольных шахтах. Серия 05 (Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в угольной промышленности). Выпуск 23. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. — 110с.

14. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10 (зі змінами) - [Чинний від 2010-06-17]. - Київ: Мінвуглепром України, 2014. – 110с. (Нормативний документ Мінвуглепрому України).

15. Тимчасове керівництво по обладнанню та експлуатації систем аерогазового контролю у вугільних шахтах (АГК) - Мінвуглепром СРСР. – Затв.18.02.1991р. – 71 с.

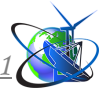
16. НПАОП 10.0-5.02-04. Інструкція з контролю складу рудникового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорії шахт за метаном. Держнаглядохоронпраці України. - Затв. 26.10.2004р. № 236 – 29 с.

References:

1. Minieiev, S.P., Rubinskiy, A.A., Vitushko, O.V. and Radchenko, A.V. (2010), *Gornye raboty v slozhnykh usloviyakh na vybrosopasnykh ugolnykh plastakh* [Mining operations in difficult conditions in the outburst coal seams], Skhidny vidavnychiy Dim, Donetsk, Ukraine.

2. Yzmalkov, A.V. (2004), *Sostoyaniye bezopasnosti v ugolnoy otrasly i puti eyo povysheniya na sovremennoy etape* [The state of safety in the coal industry and ways to improve it at the present stage], Gornaya promyshlennost, №5.

3. *Tehnologicheskiye usloviya raboty na ugolnykh shakhtakh s pozitsiy vzrivobezopasnosti* [Technological conditions of work in coal mines from the standpoint of explosion safety], Kaledyna, N.O., Kutuzov, B.N., Melnyk, V.V., Gorinov S.A. (2010), MGGU, IGD URO RAN.



4. Medvedev, V.N., (2008), *Kontrol' sodержaniya metana v shahtnoj atmosfere* [Control of methane content in the mine atmosphere], *Coal of Ukraine*, vol. 2, pp. 37-39.
5. Smirnov, A.M., Minieiev, S.P., (2018), *Sposib aerogazovogo kontrolyu u vugilnykh shakhtakh* [Method of aerogas control in coal mines], Ukr, Pat № 127398.
6. Smirnov, A.M., Minieiev, S.P., (2019), *Sposib aerogazovogo kontrolyu u shahtnykh vyrobkah* [Method of aerogas control in mine working], Ukr, Pat № 131382.
7. Smirnov, A.M., Minieiev, S.P., Yanzhula, A. S., (2017), *Nekotorye voprosy aerogazovogo kontrolja v uslovyjah ugol'nykh shaht* [Some issues of air-gas control in coal mines], *Geotechnical Mechanics*, IGTM NANU, Dnipro, № 132.
8. Koptikov, V.P., Boki, B.V., Minieiev, S.P., Yuzhanin, I.A. and Nikiforov, A.V. (2016), *Sovershenstvovaniye sposobov i sredstv bezopasnoy razrabotki ugolnykh plastov, sklonnykh k gazodinamicheskim yavleniyam* [Improvement of Methods and Means of Safe Development of Coal Plates Prone to Gasodynamic Phenomena], Promin, Donetsk, Ukraine.
9. E. Krauze, K. Lukovych, (2014), *Pryncypy vedeniya lav v uslovyjah metanovoy opasnosti* [Principles of longwall management in conditions of methane hazard], Katowice-Mykoluv, Główny instytut górnego dela w g. Katowice, Poland.
10. Golyn'ko V.Y. (2010), *Kontrol' vzryvoopasnosti sredy v gornykh vyrabotkakh y oborudovanny ugol'nykh shaht* [Control of explosiveness of the environment in mine workings and equipment of coal mines], Dnepropetrovsk, Lyra.
11. NPAOP 10.0-5.08-04, (2004), *Instruktsiia z vymiru kontsentratsii pylu v shakhtakh ta obliku pylovykh navantazhen* [Instructions for measuring the concentration of dust in mines and accounting for dust loads], Derzhnagljadokhoronpratsi Ukrainy.
12. Minieiev, S.P., Smirnov, A.M., (2021), *Sposib provitriuvannia shakhtnoi pidhotovchoi vyrobky z urakhuvanniam zapylenosti* [A method for ventilating a mine development with dust control], Ukr, Pat № 149166.
13. *Polozhenye ob aerogazovom kontrole v ugol'nykh shahtakh* [Regulations on air-gas control in coal mines], (2010), Serya 05 (Dokumenty po bezopasnosti, nadzornoj y razreshitel'noj dejatel'nosti v ugol'noj promyshlennosti), Vypusk 23, Moscow, «Nauchno-tehnicheskij centr yssledovanyj problem promyshlennoj bezopasnosti».
14. NPAOP 10.0-1.01-10 (zi zminamy), (2014), *Pravyla bezpeky u vugil'nykh shahtakh* [Safety rules in coal mines], Normativnyj dokument Minvuglepromu Ukrai'ny, Kyi'v, Minvugleprom Ukrai'ny.
15. *Tymchasove kerivnytstvo po obladnanniu ta ekspluatatsii system aerogazovoho kontroliu u vuhilnykh shakhtakh (AGK)* [Interim guidance on the equipment and operation of air gas control systems in coal mines], Minvuhleprom SRSR, (zatv. 1991).
16. NPAOP 10.0-5.02-04, (2004), *Instrukcija kontrolju skladu rudnykovogo povitrja, vyznachennja bagatogazovosti ta vstanovlennja kategorii' shaht za metanom* [Instructions for controlling the composition of mine air, determining gas content and establishing the category of methane mines], Derzhnagljadokhoronpratsi Ukrai'ny.

Abstract. The article discusses the issue of improving the operation of air-gas control systems (AGC) at coal enterprises in Ukraine. The factors determining the air-gas situation in coal mines have been identified, and it has been established that the main technological factor is the quality of the AGK system design and the level of its operation in real conditions. Individual shortcomings are analyzed, proposed ways and developed technical solutions to improve the operation of AGK systems. The analysis of the existing regulatory framework in Ukraine governing the design and operation of AGK systems at coal enterprises is carried out. Conclusions are drawn about the need to modernize the AGK systems and create a new regulatory document for the design and operation of AGK systems in coal mines.

Key words: coal mine, methane, air-gas control, sensor, regulatory documents.



УДК 621.391.2

COMPARATIVE ANALYSIS OF MANYPARAMETRIC NYQUIST SIGNALS

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

НАЙКВИСТА

Sukachov E. A./ Сукачев Э. А.

Bykov R. G./ Быков Р. Г.

State University of Intelligent Technologies and Communications,
Odessa, Kuznechna, 1, 65023

Государственный университет интеллектуальных технологий и связи,
Одесса, Кузнецкая, 1, 65023

Аннотация. В статье рассматривается зависимость отклонения характеристик сигналов Найквиста от исходных значений в частотной и временной областях при изменении их параметров в установленных пределах. Представлены расчетные формулы и графические построения, иллюстрирующие предлагаемую методику исследования.

Ключевые слова: сигналы Найквиста, отсчетные значения, ограниченный спектр.

Вступление.

В цифровых системах радиосвязи импульсные сигналы играют решающую роль. Форма сигналов может быть самой разнообразной. Известны сигналы прямоугольной, треугольной, экспоненциальной формы, сигналы в виде отрезка косинусоиды, гауссовские сигналы и т.д. [1]. Однако есть особый вид сигналов, которые уместно выделить в самостоятельное множество. Это сигналы Найквиста с компактным спектром [2].

К настоящему времени в технической литературе описано большое число классов сигналов Найквиста. Поэтому возникает необходимость сравнивать их характеристики и разрабатывать рекомендации относительно применения их в тех либо иных системах передачи информации.

Вывод основных соотношений.

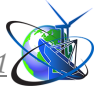
Синтез новых классов селективных сигналов целесообразно проводить в частотной области, а затем при помощи обратного преобразования Фурье получать аналитическое выражение для самого сигнала. Исследуем особенности многопараметрического сигнала Найквиста, который был предложен в [2]. Модуль спектральной плотности такого сигнала может быть представлен в виде:

$$|S(j\omega)| = \begin{cases} UT, & |\omega| < \omega_A, \\ S_{\Delta}^{(N)}(\omega), & \omega_A \leq |\omega| \leq \omega_B, \\ 0, & |\omega| > \omega_B, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } S_{\Delta}^{(N)}(\omega) = 0,5UT + 0,5UT \sum_{k=1}^N a_{2k-1} \cos \left[\frac{\pi}{2} (2k-1) \frac{\omega - \omega_A}{\omega_B - \omega_A} \right].$$

$$\text{Здесь } a_{2k-1} \geq 0, k = 1, 2, \dots, N; \sum_{k=1}^N a_{2k-1} = 1. \quad (2)$$

Кроме того, справедливы следующие соотношения:



$$\omega_A = (1 - \alpha)\omega_C; \omega_B = (1 + \alpha)\omega_C; 0 \leq \alpha \leq 1;$$

$$\alpha = \frac{\omega_C - \omega_A}{\omega_C} = \frac{\omega_B - \omega_C}{\omega_C} \text{ — коэффициент скругления (roll-off factor) [2].}$$

Количество независимых параметров N может быть произвольным, однако они должны удовлетворять условиям (2).

Для определенности ограничимся тремя параметрами $N = 3$. Тогда модуль спектральной плотности будет выглядеть так, как показано на рисунке 1.

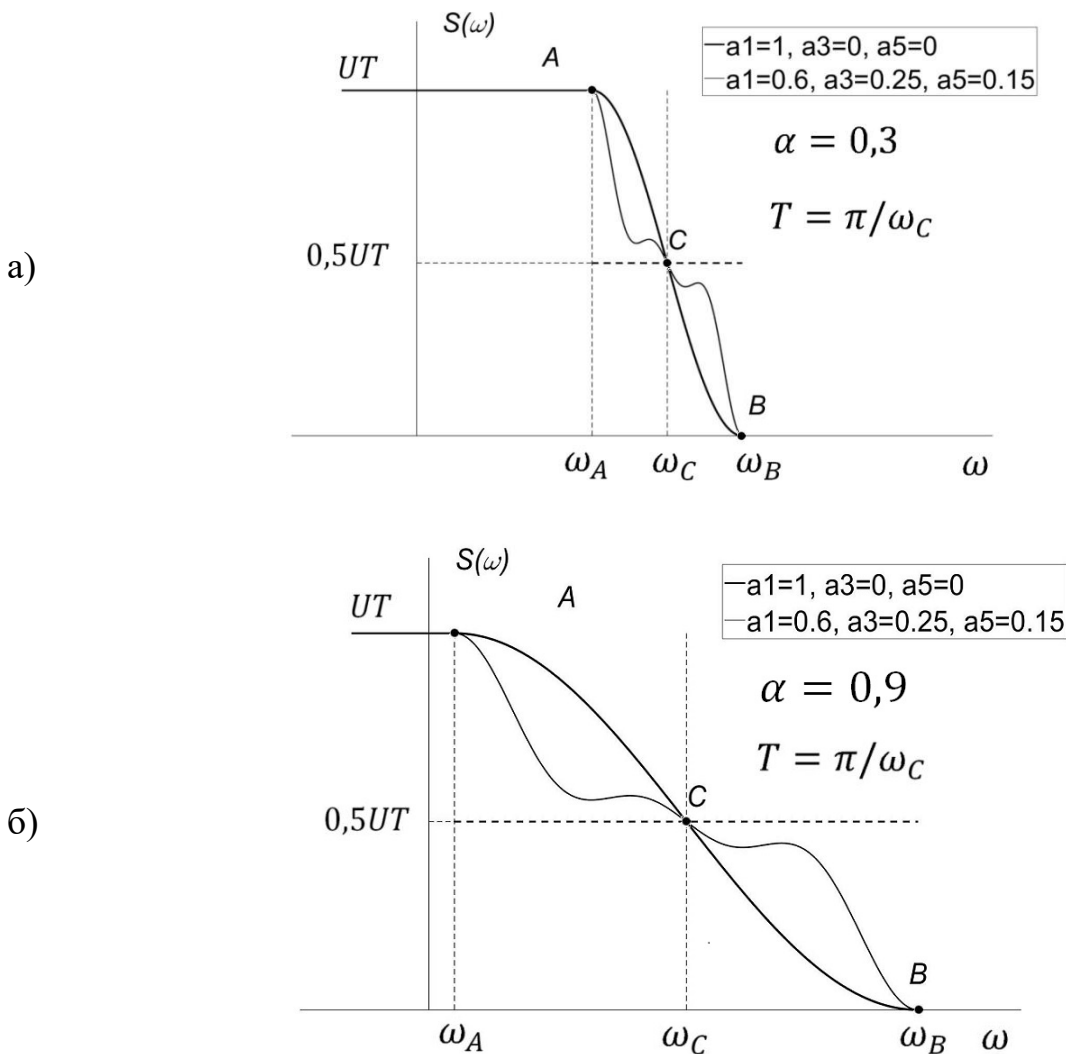


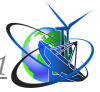
Рисунок 1 – Спектральная плотность трехпараметрического сигнала Найквиста при $\alpha = 0,3$ (а) и $\alpha = 0,9$ (б)

Переходим теперь во временную область. Для получения трехпараметрического сигнала Найквиста используем преобразование Фурье выражения (1) с учетом (2) [2].

После несложных преобразований получаем следующее выражение для сигнала с эквидистантными нулями:

$$s(t) = s_0(t)[f_0(t) + f_1(t) + f_3(t) + f_5(t)], -\infty < t < \infty, \quad (3)$$

где



$$s_0(t) = U \frac{\sin(\pi t / T)}{\pi t / T}, -\infty < t < \infty;$$

$$f_0(t) = \cos(\alpha \pi t / T), -\infty < t < \infty;$$

$$f_1(t) = \frac{a_1 (2\alpha t / T)^2 \cos(\alpha \pi t / T)}{1 - (2\alpha t / T)^2}, -\infty < t < \infty;$$

$$f_3(t) = \frac{a_3 (2\alpha t / T)^2 \cos(\alpha \pi t / T)}{3^2 - (2\alpha t / T)^2}, -\infty < t < \infty;$$

$$f_5(t) = \frac{a_5 (2\alpha t / T)^2 \cos(\alpha \pi t / T)}{5^2 - (2\alpha t / T)^2}, -\infty < t < \infty.$$

В среде MATLAB можно исследовать зависимость формы селективного сигнала (3) от различных сочетаний независимых параметров a_1 , a_3 , a_5 , которые подчиняются условиям (2).

Рисунок 2 иллюстрирует изменение формы сигнала при различных значениях его параметров и коэффициента скругления.

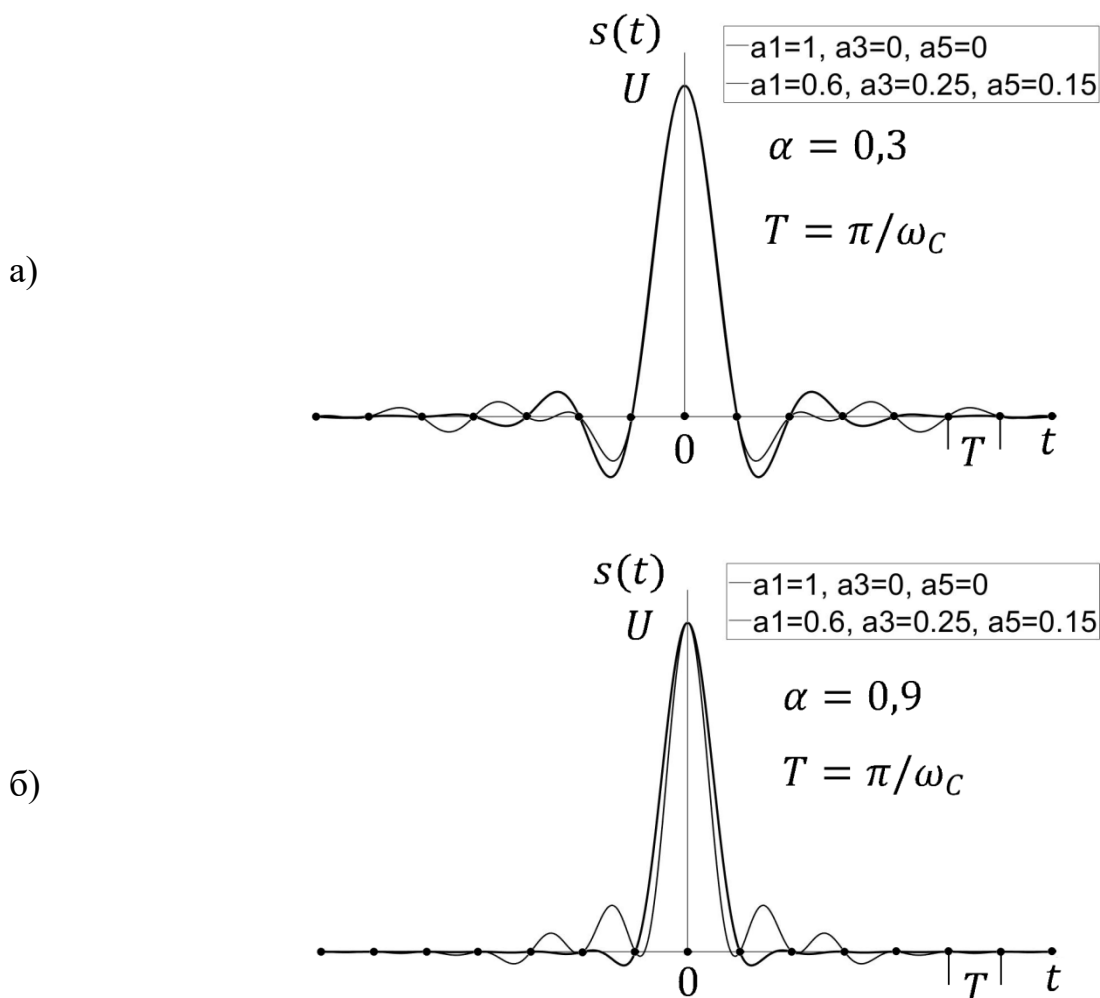


Рисунок 2 –Трехпараметрический сигнал Найквиста при $\alpha = 0,3$ (а) и $\alpha = 0,9$ (б)



Заметим, что длительность одного информационного элемента составляет T . Такую же величину имеет интервал между эквидистантными нулями в сигналах Найквиста при любых допустимых его параметрах.

Выводы.

В работе получены расчетные соотношения, позволяющие анализировать и синтезировать многопараметрические сигналы Найквиста с финитным спектром, обладающие заданными свойствами в частотной и временной областях. При всех возможных операциях сигналы не выходят за рамки оговоренного множества, т.е. сохраняют эквидистантное расположение своих нулевых значений.

Соответствующим подбором параметров можно добиться максимальной концентрации энергии сигнала в той или иной области на оси времени, изменения уровня боковых лепестков и т. д.

Всё перечисленное позволяет не только разработать ряд рекомендаций, но и наметить направления дальнейшего развития работ в области многопараметрических сигналов Найквиста.

Литература:

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2007. – 751 с.
2. Сукачев Э. А. Введение в теорию сигналов Найквиста: монография / Э. А. Сукачев. – Одесса: Освіта України, 2016. – 108 с.

Abstract. The article discusses the dependence of the deviation of the characteristics of Nyquist signals from the initial values in the frequency and time domains when changing their parameters within the established limits. Calculation formulas and graphical constructions are presented, illustrating the proposed research methodology.

Key words: Nyquist signals, sample values, limited spectrum.

Статья отправлена: 07.12.2021 г.

© Сукачев Э. А., Быков Р. Г.



УДК 536.24:621.184.5

PROSPECTS OF USE OF SULFUR CLEANING PLANTS ON LARGE POWER PLANTS**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СІРКООЧИСНИХ УСТАНОВОК НА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ****Sheleshei T.V. / Шелешей Т.В.***s.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-7242-4107

Bednarska I.S. / Беднарська І.С.*assist. / асист.*

ORCID: 0000-0002-5558-4467

Mayer L. / Майєр Л.*assist. / асист.***Piatachuk V. S. / П'ятачук В.С.***student / студент**National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv, Victory Avenue, 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського», Київ, пр. Перемоги, 37, 03056*

Summary. Energy industry is a basic industry in the country that ensures its sustainable development and is a source of electricity and heat. Most of Ukraine's electricity is produced by thermal power plants and thermal power plants, with the energy sources being organic fuel: coal, fuel oil, and natural gas. As a result of their combustion, a large number of harmful substances that adversely affect the population and the environment are released into the environment. Therefore, it is important to make the electricity and heat environmentally friendly. The most harmful emissions from large power plants are sulfur dioxide, nitrogen oxides and particulate matter. Sulfuric anhydride is the main air pollutant for combustion of fuel oil. About 50% of all sulfur oxides (CO₂, CO₃) are generated by fuel combustion in the energy and municipal sectors, and losses from such emissions make up about 55% of the total atmospheric pollution losses. In order to reduce atmospheric emissions in developed countries, combustion emission control systems are being installed at all times, despite the high cost of such systems. Therefore, the main purpose of the study is to determine the most efficient sulfur treatment plant, which is the most compatible with domestic equipment in the energy sector. The following sulfur treatment plants are considered in the work: wet purification (Wellman-Lord process using sodium salts), dry purification (Inset dry sorbent (DSI)), semi-dry purification (LIFAC process, as a development of DSI process with spray of water droplets), catalytic purification from sulfur and nitrogen oxides (DESONOX, SNOX) and others. The article provides a calculated study of the emission level of these oxides. For the analysis of sulfur treatment plants, flare burning with liquid slag was selected, while the low sulfur fuel oil of grade 40 was burned. It was found that of all selected types of sulfur treatment plants, the wet cleaning method was best – the Wellman-Lord process using sodium salts.

Keywords: sulfur oxides, sulfur dioxide, emission index, ecological status, sulfur treatment plants.

Formulation of the problem.

Energy is the basic branch of the country, which ensures its sustainable development and is a source of electricity and heat. A significant part of Ukraine's electricity is generated by thermal power plants and combined heat and power plants, the energy sources of which are fossil fuels: coal, fuel oil, natural gas. As a result of their combustion, a large number of harmful substances are released into the



environment, which has a negative impact on the population and the environment. Therefore, it is important to make electricity and heat environmentally friendly. To achieve the level of emissions that Europeans achieved 20-25 years ago, the government has created an action program "National plan to reduce emissions from large combustion plants (NPS)" [1]. NPSV clearly indicates the mechanism for energy companies, how to gradually reduce emissions, ie a linear reduction of emissions from each combustion plant. The ninety large incinerators included in the NPSV need an investment of 5-6 billion euros over 15 years to be used for gas treatment plants. The same amount should be invested in the reconstruction of basic equipment.

The most harmful emissions from large power plants are sulfur dioxide, nitrogen oxides and particulate matter. Comparing the actual concentrations of harmful substances at TPPs of Ukraine and the requirements of Directive 2010/75 / EC on industrial emissions, in Ukraine emissions of sulfur dioxide and nitrogen oxide exceed 10-30 times, ie exceed one million tons per year [2].

In the leading European countries, 20% are the costs of environmental measures. In Ukraine, 85% -90% of the cost of electricity is fuel. This situation requires choosing the best equipment for cleaning flue gases.

Analysis of recent research and publications.

Many scientists are working on the issue of desulfurization. In the work of IA Volchyn and LS Gaponych [3] determine the required degree of desulfurization of flue gases and the priority method of desulfurization for implementation at TPPs of Ukraine. For this purpose, the analysis of modern methods and technologies of flue gas purification from SO₂, calculation and generalization of gross and specific emissions of sulfur dioxide in the flue gases of thermal power plants were performed. It is established that the values of specific concentrations of sulfur dioxide in dry flue gases at TPPs of Ukraine depending on the brand of fuel, its sulfur content and the method of slag removal in the boiler. Batorshin VA [4] considers the problems of solving this issue in the United States.

Scientific work performed by I.A. Вольчиним, O.M. Kolomiets and A.O. Yasynetsky [5] investigates the processes of sulfur purification by semi-dry ammonium method. In this work, the influence of the method of liquid supply to the working area, water consumption and additional air on the efficiency of the desulfurization process is revealed.

A review of the literature shows that intensive research on methods to limit emissions of pollutants into the environment has been conducted around the world. Some work has focused on hazard analysis and emission reductions for small waste treatment facilities [6,7].

Selection of previously unsolved parts of the overall problem.

The main task of energy scientists is to reduce emissions into the environment, this can be done in many ways. One of these methods is the installation of efficient desulphurization facilities. Therefore, it is worth focusing on determining the most environmentally efficient sulfur treatment plant.

The purpose of the article. Empirical data on the concentration of harmful substances were collected using a continuous flue gas monitoring system consisting



of a set of analyzers and a computer recording system. Such systems must be installed during the heat treatment of plant waste. Allows continuous measurement and registration of measured values of reports required by environmental services in accordance with applicable regulations. A computer with a database is used to collect, process, report and archive information on concentrations and emissions of harmful substances. The system must comply with the requirements of current legal regulations in the field of data processing of the system for continuous emission measurements and is subject to verification procedures. [8]

To reduce emissions in developed countries, control systems for emissions of combustion products are constantly being installed, despite the high cost of such systems. Therefore, the main purpose of the study is to determine the most efficient desulfurization plant, which is the most compatible with domestic equipment in the energy sector.

Presenting main material.

Gas purification systems may include different processes and methods depending on the specific requirements. However, the choice of cleaning technology (or technologies) depends on the specific location, is sensitive to the register and depends on the requirements for the use of gas and the gas source. But first it is important to recognize the composition of the gas so that you can choose the appropriate technology to remove specific contaminants. Thus, the purification of raw gas is strictly necessary in order to remove contaminants and potential catalyst poisons, as well as to achieve the quality composition required before the sale of gas for use. [9].

A wide range of desulfurization plants includes: wet cleaning (Wellman-Lord process using sodium salts), dry cleaning (dry sorbent injection (DSI)), semi-dry cleaning (LIFAC process as a development of the DSI process with water droplet spraying), catalytic cleaning from oxides of sulfur and nitrogen (DESONOX, SNOX), etc. Consider their principle of action in more detail [10,11].

The method of wet purification of Wellman-Lord is based on the use of sodium sulfate salts:



Foreign experience in the application of such technology has shown that the use of this method for thermal power plants can be justified when the regeneration is carried out in a special chemical production not related to energy. This technology, like any cyclic, requires a constant flow of flue gases, ie a constant load of the power unit (boiler), which is built such a desulfurization.

The dry cleaning method (dry sorbent injection (DSI)) should be used to reduce fuel combustion emissions from non-stationary operation in a fuel combustion system having a gas path that passes from the fuel combustion chamber through a spray dryer-absorber in bag filter located downstream of the spray dryer-absorber.

In semi-dry purification (LIFAC process as a development of the DSI process with spraying water droplets), the reaction medium created by water injection significantly increases the utilization of calcium oxide. The closer to the dew point temperature the flue gases are cooled, the more efficient the process of binding sulfur oxides. Water spray and the optimal droplet size is achieved through a system of



nozzles that produce pressure spray. The operating temperature in the activation reactor is 10-15% higher than the dew point temperature, due to which the flue gases and reaction products remain dry.

Catalytic purification from sulfur and nitrogen oxides (DESONOX, SNOX) is that the flow of flue gases, usually in the area of the economizer, includes ammonia. At a distance of 0.5-1.5 m from it is a cassette with a catalyst (V_2O_5 or others). One of the main problems is to reduce the resistance of the catalyst. The developed technology of catalysts allows to reduce the content of platinum metals in 2-3 times in comparison with analogs without reduction of efficiency of purification and service life of neutralizers.

Of course, by combining different cleaning processes in one cycle, it is possible to achieve a significant reduction in SOx emissions. But it should be emphasized that the cost of purification of gases from sulfur oxides, including catalytic methods, is at least 1-2 orders of magnitude higher than the cost of methods that reduce their formation. Therefore, purification should be applied after using existing suppression methods if a more significant reduction in SOx concentration is required.

In order to determine the effectiveness of reducing emissions of sulfur oxides into the atmosphere, it is necessary to conduct a calculated study of the emission level of these oxides. The emission index is determined taking into account the efficiency of sulfur binding by ash or sorbent in the power plant, the efficiency of flue gas purification from sulfur oxides and the efficiency of the sulfur treatment plant according to the formula [12]:

$$k_{SO_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta)$$

where Q_i^r is the lower operating heat of fuel combustion, MJ / kg; S^r - sulfur content in the fuel per working weight for a period of time P, %; η_I - efficiency of sulfur binding by ash or sorbent in power plant; η_{II} - efficiency of flue gas purification from sulfur oxides; β is the operating coefficient of the desulfurization plant. For the analysis of sulfur treatment plants was selected flare combustion with liquid slag removal, while burning low-sulfur fuel oil grade 40. In accordance with the above, calculations were performed and the results are shown in table 1.

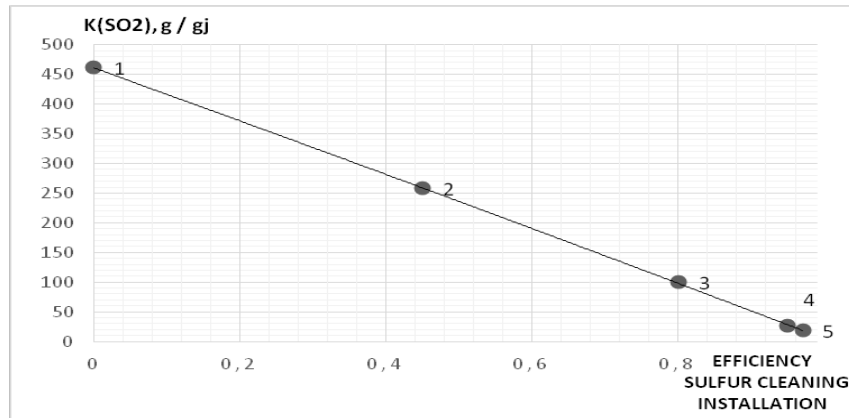
Table 1 - The results of calculations of the emission of sulfur oxides when using different sulfur treatment plants and without them

	Type of desulfurization plant	η_{II}	β	$k(SO_2)$, g / gj
1	Without cleaning	0	0	461,28931
2	Dry cleaning – injection dry sorbent (DSI)	0,45	0,98	257,86073
3	Semi-dry cleaning - LIFAC process as development DSI process with sawing	0,8	0,98	99,638491
4	Catalytic purification from oxides of sulfur and nitrogen (DESONOX, SNOX)	0,95	0,99	27,446714
5	Wet cleaning is a process Wellman- Lord of using sodium salts	0,97	0,99	18,313186

Source: developed by the authors

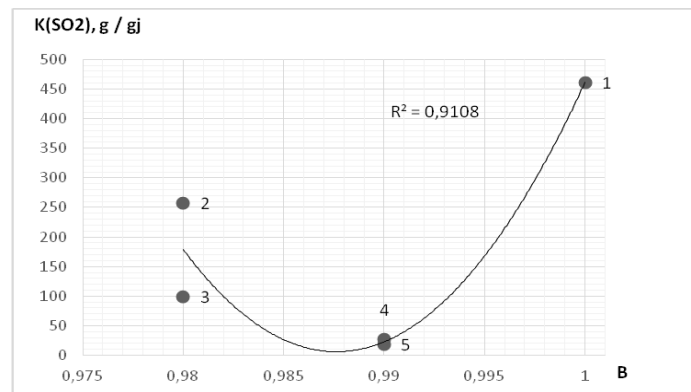


According to the table, the dependence of emissions on the efficiency of flue gas cleaning from sulfur oxides and the efficiency of the sulfur treatment plant, as shown in Figures 1 and 2, respectively.



Source: developed by the authors

Fig. 1 - the dependence of sulfur emissions on the efficiency of flue gas cleaning:
1 - without the installation of a sulfur treatment plant; **2** - dry cleaning (dry sorbent injection (DSI)); **3** - semi-dry cleaning (LIFAC process as a development of the DSI process with sawing); **4** - catalytic purification from oxides of sulfur and nitrogen (DESONOX, SNOX); **5** - wet cleaning (Wellman-Lord process using sodium salts)



Source: developed by the authors

Fig. 2. Dependence of sulfur emissions on the operating factor of the sulfur cleaning plant:

1 - without the installation of a sulfur treatment plant; **2** - dry cleaning (dry sorbent injection (DSI)); **3** - semi-dry cleaning (LIFAC process as a development of the DSI process with sawing); **4** - catalytic purification from oxides of sulfur and nitrogen (DESONOX, SNOX); **5** - wet cleaning (Wellman-Lord process using sodium salts)

The graphs show that the most efficient setting from an environmental point of view is the wet cleaning method (Wellman-Lord process using sodium salts), while dry cleaning (dry sorbent injection (DSI)) is not as effective.

Conclusions and suggestions.

The following methods for reducing sulfur oxide emissions are considered: wet cleaning (Wellman-Lord process using sodium salts), dry cleaning (dry sorbent



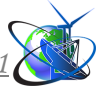
injection (DSI)), semi-dry cleaning (LIFAC process as a development of DSI process with water droplet spraying), catalytic purification from oxides of sulfur and nitrogen (DESONOX, SNOX). A comparative analysis of the level of sulfur dioxide emission during the combustion of low-sulfur fuel oil grade 40 during flaring with liquid slag removal, using the above sulfur treatment equipment.

Thus, it was found that of all the selected types of desulfurization plants, the best was the method of wet cleaning - the process of Wellman Lord using sodium salts. It is safe to say that by installing such facilities today, we will improve our lives in the near future, while reducing the risk of diseases caused by harmful sulfur emissions

List of references:

1. National plan to reduce emissions from large power plants, dated November 8, 2017 № 796-r. Kyiv. Order, Cabinet of Ministers of Ukraine. S. 99.
2. Khmara D. O. "Comparative analysis of ecological component in energy strategies of Ukraine and EU", Materials of public discussion carried out jointly with the Committee of the VR of Ukraine on May 15, 2008. Kyiv, 2008, pp. 34–39.
3. Volchin IA, Gaponich LS, Zgoran IP Choice of flue gas desulfurization technology for Ukrainian coal thermal power plants. Scientific works of the National University of Food Technologies. 2018. T. 24. № 4. S. 154–168.
4. Batorshin VA, Kotler VR Solving environmental problems in US coal energy. Energy abroad. 2014. № 1. S. 15–20.
5. Volchyn IA, Kolomiets OM, Yasynetsky AO Numerical study of the process of sulfur purification by semi-dry ammonium method. Energy technologies and resource saving. 2015. № 3. S. 29–37.
6. Zhang, G.; Huang, X.; Liao, W.; Kang, S.; Ren, M.; Jing Hai, J. Measurement of dioxin emissions from a small-scale waste incinerator in the absence of air pollution controls. Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 1267.
7. Lukáč, L.; Rimár, M.; Variny, M.; Kizek, J.; Lukáč, P.; Jablonský, G.; Janosovsky, J.; Fedák, M. Experimental investigation of primary De-NO_x methods application effects on NO_x and CO emissions from a small-scale furnace. Processes 2020, 8, 940.
8. Continuous Exhaust Gas Monitoring System by Envag — Information Data. Available online: <https://envag.com.pl/produkty/systemy-monitoringu-emisji/> (accessed on 14 May 2021).
9. James G. Speight, in The Refinery of the Future (Second Edition), 2020
10. Fedorenko OI Ecology and energy saving of Ukraine. Energy security of Ukraine. "Environmental Protection" series. August 2005. № 8. S. 19–27.
11. Тумановский А.Г. Environmental problems of thermal power plants. Power plants. 2005. № 1. S. 17–27.
12. GKD 34.02.305-2002. Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants. Method of determination. Kyiv, 2002.

Анотація. Енергетика є базовою галуззю в країні, яка забезпечує її сталий розвиток і є джерелом електроенергії та тепла. Більшу частину електроенергії в Україні виробляють ТЕС і ТЕЦ, а джерелами енергії є органічне паливо: вугілля, мазут, природний газ. Внаслідок їх згоряння в навколишнє середовище виділяється велика кількість шкідливих речовин, які



негативно впливають на населення та навколишнє середовище. Тому важливо зробити електроенергію та тепло екологічно чистими. Найбільш шкідливими викидами великих електростанцій є діоксид сірки, оксиди азоту та тверді частки. Сірчаний ангідрид є основним забруднювачем повітря для спалювання мазуту. Близько 50% всіх оксидів сірки (CO_2 , CO_3) утворюється при спалюванні палива в енергетиці та комунальному господарстві, а втрати від таких викидів становлять близько 55% від загальних втрат на забруднення атмосфери. З метою скорочення викидів в атмосферу в розвинених країнах постійно встановлюються системи контролю викидів при горінні, незважаючи на високу вартість таких систем. Тому основною метою дослідження є визначення найбільш ефективної установки для очищення сірки, яка найбільш сумісна з вітчизняним обладнанням в енергетиці. У роботі розглядаються такі установки для очищення сірки: вологе очищення (процес Веллмана-Лорда з використанням натрієвих солей), сухе очищення (вставний сухий сорбент (DSI)), напівсухе очищення (процес LIFAC, як розвиток процесу DSI з розпиленням), крапель води), каталітичне очищення від оксидів сірки та азоту (DESONOX, SNOX) та ін. У статті проведено розрахункове дослідження рівня викидів цих оксидів. Для аналізу сіркоочисних установок було обрано факельне спалювання рідким шлаком, а мазут марки 40з низьким вмістом сірки. Встановлено, що з усіх обраних типів установок для очищення сірки найкращим є метод вологого очищення – процес Веллмана-Лорда з використанням натрієвих солей.

Ключові слова: оксиди сірки, діоксид сірки, індекс викидів, екологічний стан, установки для очищення сірки.

Стаття отримана: 10.01.2021 г.

© Шелешей Т.В., Беднарська І.С., Майєр Л., П'ятачук В.С.



УДК 697.3:536.2/536.7

DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF ENERGY SAVING TECHNOLOGIES INTO THE MUNICIPAL SECTOR IN ORDER TO INCREASE THE LEVEL OF ENERGY EFFICIENCY**РОЗРОБКА ТА ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У КОМУНАЛЬНИЙ СЕКТОР З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ****Hlushchenko O.L. / Глущенко О.Л.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-9230-9958

Rybalchenko R.A. / Рибальченко Р.А.*master's degree / магістр**Dniprovsk State Technical University, Kamianske, Dneprostroievskaja 2, 51918**Дніпровський державний технічний університет,**Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918*

Анотація. В роботі проводяться дослідження актуальних питань щодо можливості та ефективності використання альтернативних джерел енергії для опалення житлових будинків або поєднання традиційних та нетрадиційних видів енергії з метою підвищення рівня екологічної безпеки та заощадження паливних і грошових коштів. Проведені розрахунки, а саме: визначення теплопередачі через багатошарову плоску стінку та теплового потоку до та після утеплення будинку, розрахунок витрати палива при заміні котельного обладнання та системи опалення будинку дають можливість переконатися у доцільності та нагальності модернізації приватного будинку. Ці заходи дають змогу зекономити паливні та грошові ресурси понад 25 % на рік.

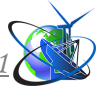
Ключові слова: радіатор, геотермальне опалення, утеплення будинку, модернізація, теплоізоляція, бойлер, гідростатичний напір, котел

Вступ. Сучасна система опалення - це складна конструкція, яка повинна забезпечувати теплом усі приміщення, які є у будівлі. На сьогоднішній день розроблено досить багато принципово нових систем опалення, які працюють на різному виді палива.

Типів опалювальних систем багато, але найпопулярнішими на сьогоднішній день є комбіновані системи опалення. Такі системи повністю адаптовані до української дійсності і дозволяють з мінімальними витратами комбінувати майже всі види палива: електрика, балонний газ, магістральний газ, рідке та тверде паливо, сонячна енергія.

Комбінована система опалення заміського будинку – чудова нагода не лише обігріти житловий будинок, а й заощадити кошти. Наприклад, при підвищенні тарифів на один вид палива, можна перейти на інший, при цьому коефіцієнт тепловіддачі залишається незмінним.

Ще одним варіантом опалення заміського будинку є твердопаливний котел, який працює на будь-якому твердому паливі: дровах, торфі та інших видах. Особливо актуальна установка такого котла в тих будинках, де немає можливості використовувати електричне або газове обладнання. Високоякісний котел на твердому паливі може виконувати не тільки функцію обігріву житлового будинку, але і нагрівати воду у великих кількостях, наприклад, для використання у ванній кімнаті.



Але лідером все ж досі є водяне опалення, хоча і його частково торкнулася модернізація. Тепер водяне опалення вдало поєднується з системою обігріву підлог, а у якості теплоносія використовують не просту воду, а спеціальну незамерзаючу рідину. Якщо будинок на деякий час залишиться без господарів, то завдяки таким нововведенням навіть у самі морозні дні система не замерзнет.

Найбільш оптимальним рішенням проблеми обігріву заміського будинку або просто приватного котеджу вважається геотермальне опалення.

Найбільш поширеним заходом модернізації системи опалення в сучасному світі є зовнішнє утеплення будинків. Це значно зменшує тепловтрати в навколишнє середовище та зберігає тепло в домі. Це не дуже дешевий захід, але дуже ефективний. При виборі утеплювача основним критерієм є вартість робіт в цілому, екологічність, довговічність та пожежобезпечність.

Саме питанням економії паливних ресурсів, за рахунок використання змішаної системи опалення та утеплення будинку, і присвячена дана дослідна робота.

Постановка задачі.

Для створення комфортних та затишних умов для проживання у сучасному житловому будинку треба провести ряд заходів, направлених на модернізацію та покращення роботи системи теплозабезпечення з метою підвищення його енергоефективності, зменшення тепловтрат та кількості енергоносіїв, що споживається будинком. Це в свою чергу призведе до зменшення витрат грошових коштів, що також є позитивним моментом особливо на сьогоднішній день.

Отже, існує об'єкт дослідження – приватний житловий будинок, в якому заплановано провести модернізацію системи опалення та зробити його утеплення. В будинку розташовано 7 кімнат: передпокій, дві зали, дві спальні, кухня, санвузол (туалет та ванна). З'ясуємо, наскільки зменшаться теплові втрати через стінку при утепленні будинку, а також чи вплине заміна опалювальних приладів та опалювального котла (на більш сучасний та потужніший) на загальну енергоефективність будинку.

Результати роботи.

Для проведення робіт, пов'язаних із утепленням будинку, треба провести енергоаудит, а саме розрахувати коефіцієнт теплопередачі та тепловий потік через багат шарову плоску стінку до та після утеплення будинку. Розрахунок проводиться за методикою, представленою в [1-5].

Результати розрахунку представлені у таблиці 1.

Отже, отримані результати дозволяють зробити висновок, що після утеплення опір огороження будинку збільшився на 98 %, при цьому товщина огороження збільшилась лише на 16 %. В результаті розрахунку тепловтрати через стінку зменшились на 51 %.

Другим етапом модернізації будинку є визначення витрати палива на опалення при двох випадках:

- до модернізації системи опалення із котлом, який функціонує на даний час (ККД котла складає 82 %);



- після модернізації системи опалення із «новим» котлом, який є більш сучасним та потужним і має ККД 93 %.

Таблиця 1 - Тепловий розрахунок будинку

Назва показника	Одиниці виміру	Результати розрахунку	
		до утеплення будинку	після утеплення будинку
1	2	3	4
1. Стіна будинку складається з:			
- шлакоблок	мм	400	400
- штукатурка	мм	15	15
- пінопласт	мм	-	50
- внутрішня штукатурка	мм	-	15
2. Температура внутрішнього повітря,	°C	22	
3. Температура зовнішнього повітря	°C	-10	
4. Розміри будинку, А×В×Н	м	9×10,4×3	
5. Коефіцієнт теплопередачі	Вт/м ² ·К	0,714	0,361
6. Щільність теплового потоку, що передається через багат шарову плоску стінку	Вт/м ² ·К	22,85	11,56
7. Площа будинку	м ²	116,4	
8. Тепловий потік через багат шарову плоску стінку	Вт	2659,51	1345,18
9. Термічний опір	м ² ·К/Вт	1,4	2,77

Витрата палива на опалення будинку визначається за допомогою наступного рівняння:

$$B_{\text{e1}} = \frac{Q}{Q_p^{\text{н}} \cdot \eta \cdot 10^{-6}}, \quad (1)$$

де B_{e1} – витрата палива на опалення будинку, м³/год.;

Q – теплота згорання палива, Гкал;

$Q_p^{\text{н}}$ – нижча теплота згорання палива, Гкал/кг;

η – ККД котла, %.

Проведені розрахунки показали, що витрата палива на опалення будинку при «старому» котлі складає 1,93 м³/год., а при «новому» котлі – 1,72 м³/год.

Далі необхідно визначити скільки відсотків палива економиться після зміни котла та при збільшенні ККД.

Економія палива знаходиться по формулі:

$$E = \frac{B_{\text{e1}} - B_{\text{e2}}}{B_{\text{e1}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$



Тоді

$$E = \frac{1,93 - 1,72}{1,93} \cdot 100 = 10,8\%.$$

Тобто, при зміні котла, який має більший ККД (93 %) економія палива зросла на 10,8 %.

Тобто, тільки при заміні котла на більш сучасний та енергоефективний вдається зекономити майже 11 % палива, а, врахувавши і термомодернізацію будинку можна заощадити більше 26 % палива на рік, що при сьогоднішній вартості на енергоносії складає майже 30000 грн.

Заключення та висновки.

1. Розрахунки, які були проведені у даній роботі показують, що після утеплення будинку значно зменшився тепловий потік через стінку (до утеплення він становив 2,66 кВт, після утеплення – 1,34 кВт, а після збільшення площі будинку він трохи збільшився – 1,38 кВт). Тепловий опір збільшився із $1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ до $2,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Можна зробити висновок, що після утеплення опір огороження будинку збільшився на 98 %, при цьому товщина огороження збільшилась лише на 16 %. Тепловий потік через огороження зменшився на 51%. Тепловтрати через стінку від загальних тепловтрат складають 15,3 %.

2. Було розраховано витрату палива і з'ясовано, що при заміні існуючого котла на більш сучасний та потужніший витрата палива зменшується на 10,8 %. Тоді, сумарна економія палива та тепла у відсотковому співвідношенні після модернізації системи опалення буде складати 26,1 %.

Література:

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Наука, 1979. – 458с.
2. Краснощёков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. – М.: Наука, 1980. – 245 с.
3. Х. Уонг. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. – М.: Наука, 1979. – 180 с.
4. Самойлович Г.С. Гидрогазодинамика. – М.: Наука, 1990. – 210с.
5. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита / В.М. Фокин. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 256 с.

Abstract. The study examines current issues regarding the possibility and effectiveness of using alternative energy sources for heating homes or combining traditional and non-traditional energy sources in order to improve environmental safety and save fuel and money. Calculations, namely: determination of heat transfer through a multilayer flat wall and heat flow before and after insulation of the house, calculation of fuel consumption when replacing boiler equipment and heating system of the house make sure the expediency and urgency of modernization of a private house. These measures will save more than 25% of fuel and money per year.

Keywords: radiator, geothermal heating, house insulation, modernization, thermal insulation, boiler, hydrostatic pressure, boiler

Стаття відправлена: 06.12.2021р.

© Глуценко О.Л.



УДК 621.791.725

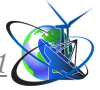
THE INFLUENCE OF SPATIAL POSITION ON THE FORMATION OF DEFECTS IN LASER WELDING**ВПЛИВ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ НА УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ ЗВАРЮВАННІ****Bernatskyi A.V. / Бернацький А.В.***PhD / к.т.н.**ORCID: 0000-0002-8050-5580***Lukashenko V.A. / Лукашенко В.А.***PhD / к.т.н.**ORCID: 0000-0002-9685-4654***Siora O.V. / Сіора О.В.***ORCID: 0000-0003-1927-790X***Sokolovskyi M.V. / Соколовський М.В.***post-graduate student / аспірант**ORCID: 0000-0003-3243-5060***Shamsutdinova N.O. / Шамсутдінова Н.О.***ORCID: 0000-0002-3525-0080**E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine,**Kyiv, Kazymyr Malevych Street, 11, 03150**Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України,**Київ, Казимира Малевича, 11, 03150*

Анотація. Досліджено вплив просторового положення при лазерному зварюванні нержавіючих сталей на утворення дефектів у вигляді пор та порожнин у зварних з'єднаннях. Збільшення як кількості пор, так і їх розміру спостерігається при зменшенні кута нахилу з 90° до 0° під час зварювання нержавіючої сталі AISI 321 на спуск та на підйом в імпульсному режимі генерації лазера. При зварюванні в неперервному режимі лазерної генерації дефекти у вигляді пор і порожнин не виявлені. При лазерному зварюванні стикових з'єднань зі сталі AISI 321 найбільш перспективними є нижнє та вертикальне положення зварювання, оскільки вони забезпечують найвищий рівень якості. Сформульовані технологічні рекомендації по вибору режимів зварювання.

Ключові слова: лазерне зварювання, зміна просторових положень, нержавіюча сталь, дефекти, пористість

Вступ.

Загальні тенденції у створенні конструкцій новітньої техніки різного функціонального призначення у багатьох галузях промисловості (хімічній та харчовій, енергетиці та суднобудуванні, авіа- та ракетобудуванні, тощо), пов'язані із зменшенням маси виробів [1-5], застосуванням матеріалів з покращеними механічними [6] та експлуатаційними характеристиками [7], а також впровадженням сучасних технологій обробки [8-10]. Конструкція таких виробів часто включає у себе вузли та деталі як малого, так і великого розміру, які мають складну просторову форму. Відповідно, при створенні таких конструкцій із застосуванням технологій зварювання, виникає необхідність виконання різноманітних видів зварних з'єднань у різних просторових положеннях для виготовлення широкого асортименту продукції з нержавіючих сталей, алюмінієвих та титанових сплавів [9]. Такі задачі можуть вирішуватись із застосуванням різних технологій зварювання. Дугове, плазмове, контактне



зварювання, можна віднести до низки процесів, які відносно добре вивчені. Це твердження стосується як вивчення процесів, які відбуваються у зварювальній ванні, так й встановлення залежностей механічних та експлуатаційних характеристик одержаних зварних з'єднань. Натомість, лазерне зварювання, як й електронно-променеве зварювання, комбіновані та гібридні способи зварювання, належить до низки сучасних прогресивних технологій [1-3, 8-10], які ще відносно не досить добре вивчені, й тому не так широко застосовуються у різних видах промисловості. Зміна просторового положення при зварюванні, може мати як позитивний, так й негативний вплив на якість та формування зварних з'єднань [9]. Відсутність знань про залежність форми шва та характеристик зварних з'єднань від просторового положення не дозволяє визначити технологічні параметри лазерного зварювання, які є найбільш раціональними з точки зору досягнення високої якості та відповідності вимогам діючих стандартів.

Метою даної роботи є встановлення впливу просторового положення при лазерному зварюванні нержавіючих сталей на утворення дефектів у вигляді пор та порожнин у зварних з'єднаннях.

Матеріали та методика досліджень.

Загальна частина. Згідно з методикою експерименту, дослідження з лазерного зварювання в різних просторових положеннях проводили з використанням лабораторного стенду (рис. 1), який був змонтований на базі Nd:YAG-лазеру «DY044», виробництва фірми «ROFIN-SINAR» (Німеччина).



Рисунок 1 - Стенд для лазерного зварювання в різних просторових положеннях



За схемою, що наведена на рисунку 2, виконували провари у пластинах з нержавіючої сталі AISI 321 (C до 0,12%; Si до 0,8%; Mn 1-2%; Ni 10-11%; S до 0,2%; P до 0,035%; Cr 17-19%; Ti до 0,6%; інше Fe), при різних кутах нахилу α : 90°, 60°, 45°, 30°, 0°. В усіх варіантах (крім нижнього положення), зварювання проводили «на підйом» (рис. 2.а) та «на спуск» (рис. 2.б). Кут падіння лазерного випромінювання 1 на пластину 2 (рис. 2) залишався незмінним при різних просторових положеннях.

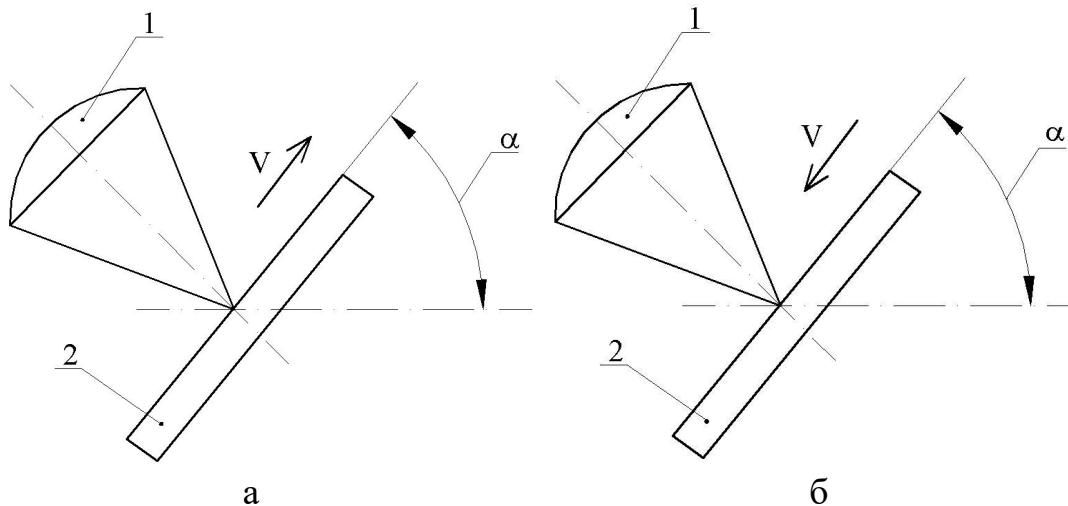


Рисунок 2 - Схеми виконання проварів у пластинах при лазерному зварюванні «на підйом» (а) та «на спуск» (б):

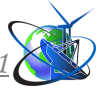
1 – лазерне випромінювання, що фокусується лінзою; 2 – пластина; α – кут нахилу пластини до горизонтальної площини.

Методика дослідження зразків з нержавіючої сталі AISI 321. Зварювання пластин з нержавіючої сталі AISI 321 розміром 300×100×3 мм виконували у неперервному та імпульсному режимах генерації лазерного випромінювання.

При неперервному режимі генерації лазерного випромінювання, технологічні параметри процесу зварювання нержавіючої сталі AISI 321 були наступними: потужність лазерного випромінювання 4,4 кВт; швидкість зварювання 100 мм/с, заглиблення положення фокальної площини лінзи, відносно поверхні зразків, що зварюються 1мм; витрати захисного газу (аргону) 500 см³/с.

При імпульсному режимі генерації лазерного випромінювання, технологічні параметри процесу зварювання нержавіючої сталі AISI 321 були наступними: максимальна потужність лазерного випромінювання 4,4 кВт, відношення тривалостей імпульсу та паузи (прогальність) 1,67; частота слідування імпульсів 120 Гц; інші параметри аналогічні режимам зварювання при неперервному режимі генерації лазерного випромінювання.

Рівень якості зварних з'єднань визначали за ДСТУ EN ISO 13919-1:2015 «Зварювання. З'єднання, виконані електронно-променевим та лазерним зварюванням. Настанова щодо оцінювання рівня якості залежно від дефектів. Частина 1. Сталь», згідно якому встановлено три рівня якості, що відповідають певному діапазону гранично допустимих розмірів дефектів і відносяться до зварних з'єднань. Визначали під яким кутом нахилу було одержано найбільш



якісне з'єднання з найменшою кількістю дефектів. На обраних режимах (кутах нахилу) виконували лазерне зварювання таврових з'єднань з нержавіючої сталі AISI 321.

Металографічні дослідження зварних з'єднань виконували відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 17639:2016 «Руйнівні випробування зварних з'єднань металевих матеріалів. Макроскопічне та мікроскопічне оцінювання зварних з'єднань». Зразки для проведення металографічних досліджень готували за допомогою фрезерування, шліфування, полірування і травлення. Зразки досліджували за допомогою оптичної мікроскопії (використовували мікроскоп «МІМ-8»), вимірювання твердості (використовували твердомір «Wilson Rockwell 4JR Hardness Tester») і мікродюрOMETричного аналізу (використовували мікротвердомір «ПМТ-3»).

За результатами візуального, радіографічного контролю та металографічних досліджень зварних з'єднань виконували оцінку їх рівня якості, на відповідність вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 13919-1:2015 «Зварювання. З'єднання, виконані електронно-променевим та лазерним зварюванням. Настанова щодо оцінювання рівня якості залежно від дефектів. Частина 1. Сталь» для зразків з нержавіючої сталі AISI 321

Згідно цих стандартів встановлено три рівня якості, які відповідають певному діапазону гранично допустимих розмірів дефектів і які відносяться до зварних з'єднань. Визначали під яким кутом нахилу було одержано найбільш якісне з'єднання з найменшою кількістю дефектів.

Результати та обговорення.

Дослідження зразків з нержавіючої сталі AISI 321. За результатами візуального контролю одержаних проварів, встановлено наступне:

- в залежності від напрямку руху спостерігаються значні відмінності у зовнішньому вигляді поверхні шва, а саме, при зварюванні «на спуск» не зафіксовано кольорів мінливості при формуванні зварного шва, а при зварюванні «на підйом» спостерігаються кольори мінливості на поверхні зварного з'єднання;

- бризки зафіксовані при використанні неперервного та імпульсного режиму в усіх просторових положеннях, їхня кількість мінімальна при проплавленні у нижньому положенні, дещо зростає при куті нахилу 60° та вертикальному положенні та найвища кількість бризок спостерігаються при лазерному зварюванні на кутах нахилу 30° та 45°;

- при зварюванні «на підйом» у неперервному режимі генерації лазерного випромінювання при всіх кутах нахилу, верхній валик зварного з'єднання формується з незначним заниженням та з утворенням «гребінця», висота «гребінця» та величина заниження зростає зі збільшенням кута нахилу до горизонтальної площини;

- при зварюванні «на спуск» у неперервному режимі генерації лазерного випромінювання, верхній валик зварного з'єднання формується з незначним заниженням та з утворенням «гребінця», лише при куті нахилу 30°.

За результатами радіографічного контролю одержаних проварів, встановлено, що при зварюванні «на підйом» та «на спуск» у неперервному



режимі генерації лазерного випромінювання, при всіх кутах нахилу, не було виявлено внутрішніх дефектів у вигляді тріщин, пор та неметалевих включень.

Радіографічний контроль проварів, одержаних при зварюванні «на підйом» та «на спуск» у імпульсному режимі генерації лазерного випромінювання, показав наявність внутрішніх дефектів у вигляді поодиноких пор або ланцюжків пор при всіх кутах нахилу (Таблиця 1).

Таблиця 1 - Внутрішні дефекти у вигляді поодиноких пор або ланцюжків пор, виявлені при зварюванні «на підйом» та «на спуск» у імпульсному режимі генерації лазерного випромінювання

Напрямок зварювання	Кут нахилу α , °	Кількість одиночних пор	Кількість ланцюжків пор / їх сумарна довжина, мм	Максимальний розмір пори, мм
на спуск	30	-	*	0,4
	45	1	-	0,3
	60	7	-	0,5
	90	-	2/25	0,5
на підйом	30	-	*	0,3
	45	-	-	-
	60	-	2/8	0,3
	90	3	-	0,3
НП	0		*	0,5

* – по всій довжині шва; НП – нижнє положення.

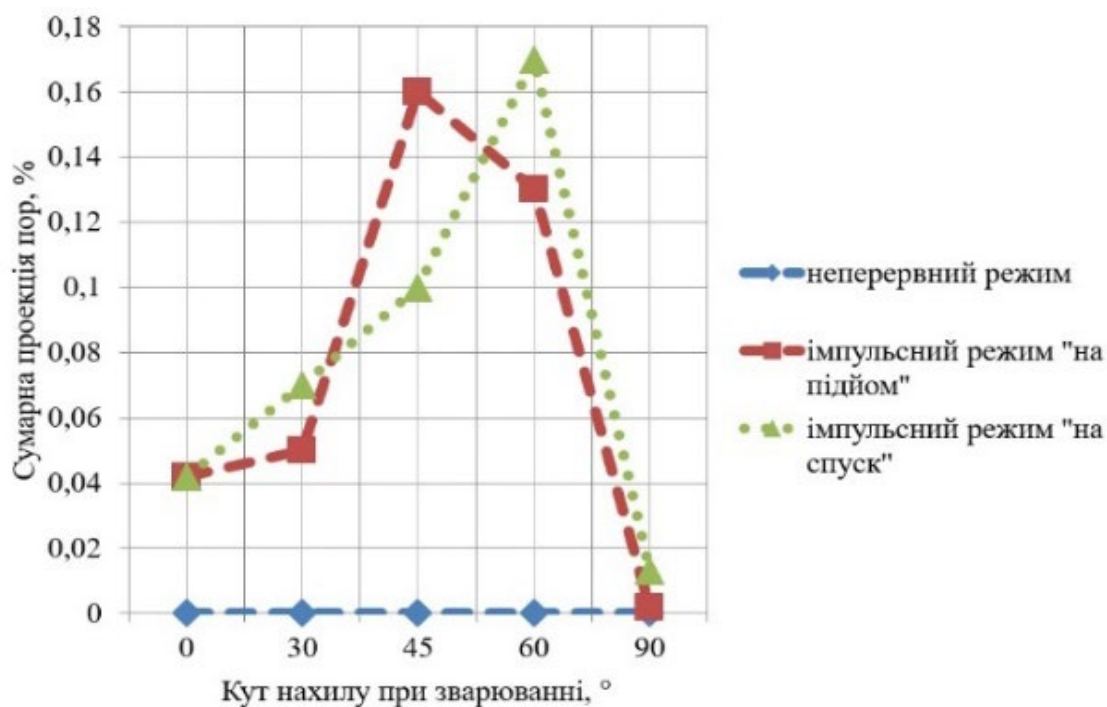


Рисунок 3 - Залежність сумарної площі проєкцій пор від параметрів лазерного зварювання у різних просторових положеннях сталі AISI 321 товщиною 3 мм, де 1 – неперервний режим; 2 – імпульсний режим «на підйом»; 3 – імпульсний режим «на спуск»; α – кут нахилу при зварюванні; f – сумарна площа проєкцій пор або порожнин (у % до загальної площі шва)



Аналіз рентгенограм (рис. 3) показує тенденцію збільшення як кількості, так і розміру пор у зразках зі сталі AISI 321, при зменшенні кута нахилу з 90° до 0° при зварюванні «на спуск» та «на підйом» в імпульсному режимі генерації лазерного випромінювання. Треба відзначити малі значення сумарної проекції пор при зварюванні неперервним лазерним випромінюванням та під кутами 0° та 90° у імпульсному режимі зварювання. У той же час, варто відзначити тенденцію зменшення кількості та розміру одиночних пор (чи протяжності ланцюжків пор) при зварюванні «на підйом», у порівнянні з режимом зварювання «на спуск» при одному й тому ж куті при імпульсному режимі генерації лазерного випромінювання.

Згідно вимогам ДСТУ EN ISO 13919-1:2015, значення сумарної проекції пор для зварних з'єднань зі сталі AISI321 товщиною 3 мм, одержаних лазерним зварюванням у різних просторових положеннях, для одержання найвищого рівня якості «високий – В» не повинно перевищувати значення 0,7%. Аналіз одержаних даних дозволяє стверджувати, що за цим показником всі одержані шви відповідають вказаним вимогам.

У той же час, для одержання найвищого рівня якості «високий - В», перевищення випуклості провару, не повинно перевищувати значення 0,65 мм.

Таблиця 2 - Зміни перевищення випуклості провару зварних з'єднань з нержавіючої сталі AISI321 товщиною 3 мм, одержаних лазерним зварюванням у різних просторових положеннях

№ п/п	Перевищення випуклості провару (величина заниження шва), мм			
Кут нахилу, α°	«на підйом» неперервний режим	«на спуск» неперервний режим	«на підйом» імпульсний режим	«на спуск» імпульсний режим
0	0,275	0,275	0,347	0,347
30	0,4	0,19	0,29	0,18
45	0,183	-0,16	0,21	0,18
60	-0,09	0,15	-0,18	0,05
90	0,42	0,2	0,11	0,13

Аналіз даних наведених у Таблиці 2, дозволяє стверджувати про досягнення необхідних значень. Як видно, з даних Таблиці 2, для деяких кутів зварювання вказані від'ємні значення, які свідчать про наявність заниження шва, яке, згідно ДСТУ EN ISO 13919-1:2015, для зварних з'єднань з нержавіючої сталі AISI 321 товщиною 3 мм, одержаних лазерним зварюванням, не повинно перевищувати 0,3 мм.

Аналіз результатів досліджень виконаних на пластинах та описаних вище, дозволив зробити науково обґрунтований вибір просторових положень та підібрати технологічні параметри, на яких виготовлені контрольні таврові з'єднання зі сталі AISI 321. При виборі просторових положень керувалися наступними показниками: досягненням максимальної глибини провару; якісного формуванням зварного з'єднання; відсутності (або мінімальної



кількості бризок); відсутності (або мінімальної величини) заниження шву; відсутності (або мінімальної висоти) «гребінця» верхнього валика. Виходячи з цих положень, були обрані нижнє та вертикальне просторові положення, як найбільш перспективні для одержання зварних з'єднань з нержавіючих сталей, що відповідають вимогам одержання найвищого рівня якості «високий – В», згідно ДСТУ ISO 13919-1:2015.

Висновки.

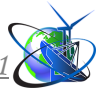
Просторове положення при лазерному зварюванні нержавіючих сталей сплавів кардинально впливає на рівень якості та утворення дефектів у вигляді пор та порожнин у зварних з'єднаннях.

Зменшення кута нахилу від 90° до 0° при зварюванні нержавіючої сталі AISI 321 «на спуск» та «на підйом» в імпульсному режимі генерації лазерного випромінювання призводить до збільшення як кількості пор, так і їх розміру. У той час, як при неперервному режимі генерації лазерного випромінювання, дефекти у вигляді пор не спостерігаються.

При лазерному зварюванні стикових з'єднань зі сталі AISI 321, найбільш перспективними є нижнє та вертикальне просторові положення, як такі, що забезпечують найвищий рівень якості.

Література:

1. Jayanthi, A., Venkataramanan, K., & Kumar, K. S. (2016). Laser beam a novel tool for welding: A review. *IOSR Journal of Applied Physics*, 8(6), 08-26.
2. Цегельник, Е. В. (2015). Перспективные направления применения лазерных технологий в авиационной промышленности. *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*, (70), 121-129.
3. Kyrychenko, H. I., Strelko, O. H., Berdnichenko, Y. A., Petrykovets, O. V., & Kyrychenko, O. A. (2016). Scenarios modeling of cargo movement in the supply chains. *Transport systems and transportation technologies*, 12, 32-37.
4. Plankovskyy, S., Myntiuk, V., Tsegelnyk, Y., Zadorozhnyi, S., & Kombarov, V. (2020). Analytical methods for determining the static and dynamic behavior of thin-walled structures during machining. In *International scientific-practical conference* (pp. 82-91). Springer, Cham.
5. Fesovets, O., Strelko, O., Berdnichenko, Y., Isaienko, S., & Pylypchuk, O. (2019). Container transportation by rail transport within the context of Ukraine's European integration. In *Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means. 2019. Part I* (pp. 381-386).
6. Sahul, M., Tomčíková, E., Sahul, M., Pašák, M., Ludrovcová, B., & Hodúlová, E. (2020). Effect of disk laser beam offset on the microstructure and mechanical properties of copper – AISI 304 stainless steel dissimilar metals joints. *Metals*, 10(10), 1294.
7. Kovács, A. (2016). Integrated task sequencing and path planning for robotic remote laser welding. *International journal of production research*, 54(4), 1210-1224.
8. Ramakrishna, V. S. M., Amrutha, P. H. S. L. R., Rashid, R. R., & Palanisamy, S. (2020). Narrow gap laser welding (NGLW) of structural steels – a technological review and future research recommendations. *The International Journal of Advanced*



Manufacturing Technology, 111, 2277-2300.

9. Bernatskyi, A. V., Berdnikova, O. M., Klochkov, I. M., Sydorets, V. M., & Chinakhov, D. A. (2019). Laser welding in different spatial positions of T-joints of austenitic steel. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 582, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.

10. Siora, O. V., & Bernatskyi, A. V. (2011). Development of basic processing methods of laser welding of joints of dissimilar metals. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 33, 569-576.

Abstract. *The influence of the spatial position in laser welding of stainless steels on the formation of defects in the form of pores and cavities in welded joints has been studied. An increase in both the number of pores and their size is observed when the angle of inclination is reduced from 90° to 0° during downhill and uphill welding of AISI 321 stainless steel in the pulse mode of laser generation. The defects in the form of pores and cavities were not detected during welding in the continuous mode of laser generation. During laser welding of butt joints of AISI 321 steel, the flat and vertical weld positions are the most promising, as they provide the highest level of quality. Technological recommendations for the choice of welding modes are formulated.*

Key words: *laser welding, change of spatial positions, stainless steel, defects, porosity*

Статья отправлена: 29.11.2021 г.

© Bernatskyi A.V., Lukashenko V.A., Siora O.V.,
Sokolovskyi M.V., Shamsutdinova N.O.



УДК 655.3.022.51

**ADSORPTION EQUILIBRIUM OF WATER VAPOR DURING PAPER
ACCLIMATIZATION****АДСОРБЦІЙНА РІВНОВАГА ВОДЯНИХ ПАРІВ ПРИ АКЛІМАТИЗАЦІЇ ПАПЕРУ****Babanska L.O. / Бабанська Л.О.***Student / студент***Morozov A.S. / Морозов А.С.***s.t.s, as.prof / к.т.н. / доц.*

ORSID:0000-0001-5769-489X

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnical Institute",**Peremogy Ave., 37, Kyiv, Ukraine, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут**імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, Київ, Україна, 03056*

Abstract. *In the atomistic model, the term "surface center" is applied to a microscopic group of atoms on the surface that is active at some content. As surface centers can be considered atoms of the main lattice with a broken bond, defects of the inhomogeneous surface, impurities, etc. Related local stresses on surfaces are most often centers of adsorption [1]. The presence of such centers on surfaces is due to the peculiarities of papermaking and the need for relaxation of the material; their chemical potential is very large. According to the Le Chatelier's rule, if a system in a state of metastable equilibrium is influenced by external factors, changing at least one of the conditions that determine the state of equilibrium, then the system has processes directed against the action of an external factor. Achieve a conditional adsorption equilibrium when acclimatizing paper is the goal of every technologist before printing.*

Analysis of sources of scientific and technical information did not reveal information that would cover the physicochemical interaction of the surface layers of paper and partial parameters of relative humidity (temperature, pressure) associated with the processes of polycondensation of water in the technological room where printing takes place. The paper presents studies explaining the conditions of adsorption equilibrium of water vapor during paper acclimatization.

Key words: *acclimatization, adsorption equilibrium, paper.*

Introduction.

Paper acclimatization is the process of bringing the humidity of the paper into equilibrium with the humidity of the air in the printing shop. One of the processes involved in pre-preparing paper or cardboard is that it is not unpacked until its temperature corresponds to the air temperature of the printing shop.

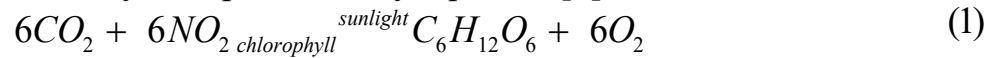
All types of printing paper used in printing production are to some extent hygroscopic, because they contain hydrophilic cellulose fiber. Sorption of water is due to the addition of its molecules due to the presence of hydrogen bonds to the hydroxyl groups of cellulose, which are located on the surface of the fibers and capillaries. In the initial stage, at low relative humidity, water molecules are retained by correspondingly located hydroxyl groups. When more water molecules are sorbed, they are attached to one hydroxyl group and to oxygen atoms, and, finally, condensation of water molecules on the surface of micro- and macropores can occur.

The aim of the work is to analyze the factors influencing the processes of evaporation and condensation of water vapor in paper stacks, thus regulating the water cycle between the environment and paper in a closed process room and related acclimatization processes.



Main part.

The most common class of organic compounds in nature are carbohydrates, which are the product of photosynthesis. The scheme of this process, starting from the 70-80s of the last century, is represented by equation [2]:



Photosynthesis products such as glucose, fructose and other simple sugar compounds have the formula $C_6H_{12}O_6$. Simple carbohydrates can be condensed into more complex carbohydrates – disaccharides, such as sucrose, and polysaccharides – into starch, cellulose and likes of them.

Cellulose (fiber) is the most common natural organic substance. In plants, cellulose is formed as a result of complex biochemical transformations that begin with the photosynthesis of the simplest carbohydrates. The formula of the cellulose molecule is $(C_6H_{12}O_5)_n$, where n is the number of elementary units of $C_6H_{12}O_5$.

One of the main components of the process of photosynthesis is water, i.e. the structure of cellulose is due to the presence of free hydroxyl groups OH . The reaction to the ability of cellulose hydroxyl groups is not the same: the primary OH -group is more active near C_6 , the secondary group is less active near C_2 and even less active near C_3 . This determines the kinetics of their interaction: hydroxyl groups of cellulose form additive compounds with alkalis – alkali cellulose, with acids – acid cellulose, with salts – salt cellulose. Cellulose is the main raw material for papermaking, and therefore the hydrophilicity of paper is manifested not only in its wetting with water and water absorption, but also because it absorbs (absorbs) water vapor with moist air.

Hygroscopicity is due to the linear fibrous structure of cellulose macromolecules, as well as intermolecular hydrogen bonds between the individual chains of the latter, forming microfibrils and a highly ordered structure. Each paper, which is kept in a humid atmosphere, absorbs a certain amount of moisture over time, until it reaches an equilibrium humidity corresponding to these climatic conditions: the relative humidity and its temperature. On the contrary, if the wet paper is kept in a room with dry air, the desorption will take place and the humidity of the paper will decrease to equilibrium.

Water belongs to the simplest heterogeneous system, which consists of one component $k=1$. According to the Gibbs phase rule, for one-component systems $C=3-p$ (2), where C is the degree of freedom, p is the number of phases. Therefore, in one-component systems at the same time in equilibrium can be no more than three phases ($p < 3$) because the degree of freedom C cannot be a negative value.

One-component systems are characterized by only two independent variables – temperature and pressure. Consider, for example, a flat diagram of the state of water at low pressures (Fig.1). Line OA depicts the dependence of saturated water vapor pressure on temperature, line OB conveys the dependence of saturated ice vapor pressure on temperature (coexistence of ice and steam), and line OS – the dependence of melting temperature of ice on pressure. As the pressure increases, the melting point of the ice decreases (the curve is directed to the left).

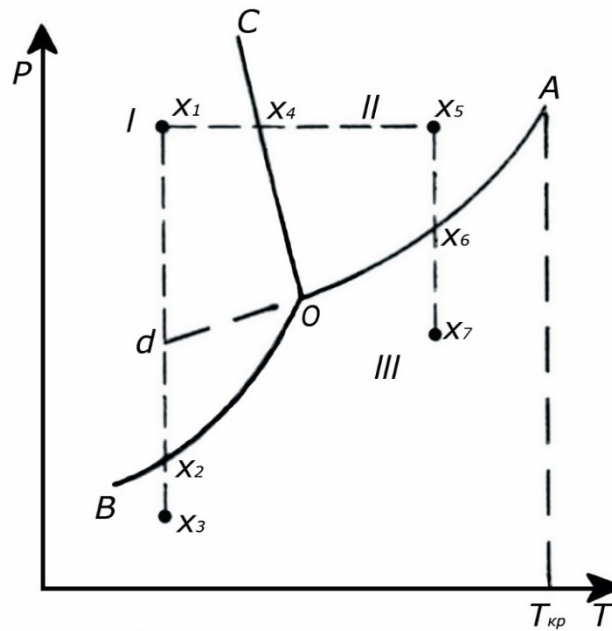
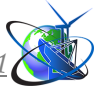


Fig.1 - Phase diagram of water status [3]

For most other substances – on the contrary, that is, with increasing pressure, the melting point rises (curve tilted to the right). It depends on the sign of the derivative in the Clausius-Klaiperon equation [2] for this process $dp / dT = L / (v_1 - v_2) T$, v_1 and v_2 – molar volumes in solid and liquid states. For water $v_1 - v_2 < 0$, and therefore $dp / dT < 0$ (curve tilted to the left). In most cases, $v_1 - v_2 \gg 0$ and $dp/dT > 0$.

Area I (Fig.1) characterizes the area of existence of solid ice, II – liquid water and III – steam. In p. x_5 – there is only a liquid, if we reduce its pressure at a constant temperature, then p. x_6 will remain only the phase of the liquid: in p. x_6 there is a phase equilibrium water-steam. A further decrease in pressure leads to the disappearance of the liquid and in p. x_7 will be already unsaturated steam. The OA curve is interrupted in p. A, which corresponds to the critical temperature T_{kp} . At this point, the difference between the properties of the liquid and its vapor disappears, i.e. a critical state is reached (all phases are in a state of thermodynamic equilibrium). All three curves OA, OB and OS intersect at one-point O, called the triple point. At this point, three phases are in equilibrium at the same time: ice, water and steam. According to the Gibbs rule, $p = 3$ and $C = 0$. Such systems are also called nonvariant. Three phases of water exist at clearly defined pressures and temperatures: $P = 60,8814 \text{ PA}$ and $T = 0,00076^\circ\text{C}$.

In the technological room, where the offset printing takes place, there must be a clearly established water cycle. To avoid deformation of the paper during printing, it is acclimatized, i.e. moisture of the paper is brought into equilibrium with the humidity of the environment. At the same time there is a relaxation of the stresses received by paper in the course of its production. Consider in more detail the kinetics of adsorption of a certain amount of moisture on the surface of a separate sheet of



paper. According to Langmuir, we can write the equation of particle adsorption kinetics [4]:

$$dN / dt = \alpha P(N^* - N) - \beta N, \quad (2)$$

where N^* is the concentration of adsorption centers, N is the concentration of adsorbed particles, P is the pressure, β is the mass transfer coefficient.

$$\alpha = \sqrt{s} / \sqrt{2\pi MT} \quad (3)$$

$$\beta = \theta \exp(-E / kT), \quad (4)$$

where M is the mass of the adsorbed molecule, s is its effective area, $\sqrt{}$ is the probability that the gas molecule that fell on the adsorption center will be fixed on it, θ is the probability of desorption of the adsorbed molecule per unit time, $\tau = 1 / \beta$ – average lifetime of the molecule in the adsorbed state, E – binding energy of the adsorbed particle with the adsorption center, t – time.

Suppose that after the adsorption equilibrium is established between the surface and the gas phase, the pressure of the gas atmosphere decreases sharply. In this case, the previously adsorbed gas particles begin to leave the surface of the solid, i.e. the process of desorption of gas molecules and atoms develops. In the framework of Langmuir's theory, this process is described by equation (3), in which, however, it is now necessary to use $P = 0$, taking into account the establishment of adsorption equilibrium.

Integrating (3) under acceptable assumptions and using the initial conditions $N^* = N_0$ at $t = 0$ (N_0 – equilibrium value of the concentration of adsorbed particles), we obtain the concentration of desorbed particles $N_{des.}$:

$$N_{des.} = N_0 \exp(-\beta t) \quad (5)$$

Desorption occurs faster the higher the temperature. However, at high temperatures it is not always possible to completely remove all adsorbed particles from the surface. Some molecules and atoms are adsorbed irreversibly or diffuse into the volume of a solid. If we neglect the desorption term β in equation (3) and the value of N , then equation (3) after integration takes the following form:

$$N = \alpha P N^* t + C, \quad (6)$$

where C is the temperature gradient of adsorption.

With a certain simplification of the physical model of acclimatization of a sheet of paper in the process room, we can assume that there is a conditional moment of equilibrium between the processes of evaporation and condensation of water vapor:

$$N = N_{des.} \text{ or } \alpha P N^* t + C = N_0 \exp(-\beta t) \quad (7)$$

Of course, the process of moisture absorption is influenced by the structure of the paper, the degree of its sizing, etc. In paper, water can be in three states: free, capillary-bound and molecularly bound, and it is in the free state that it participates in the processes of adsorption and desorption [5].

The conditions for the emergence of active adsorption centers are related to the condition of the paper surface: the smaller the microrelief, the larger its specific surface area and the greater the opportunities for the nucleation of such centers.

Water as one of the structural indicators of paper determines many of its properties. For such a characteristic as color perception, the shape of the pores is



important, especially capillary (closed or open). If the paint is water-based, the water balance must be maintained, i.e. the volume of an aqueous component of the printing ink corresponds to the available volume of open capillary pores of the paper, due to which the microfibrils swell.

Hydroxyl groups are important in the papermaking process because the cellulose fibers are joined together in a sheet of paper due to the formation of numerous hydrogen bonds. Thus, the hydrogen bond between cellulose macromolecules not only creates the structure of the plant cell, but also gives the paper strength. The low strength of the hydrogen bond makes it relatively easy to destroy the structure of natural raw materials and divide it into individual fibers.

It is known that the relative humidity of the paper is in the range of 4...6%. And since it is recommended to print up to 7...8% for printing, to avoid static electricity and reduce strength, it is necessary to acclimatize the paper before using it. With all the advantages, the paper also has downsides, the main of which is the sensitivity to moisture, so at the stage of production it not only needs to use hydrophobic components, but also to form an artificial relief of the paper surface.

Conclusions.

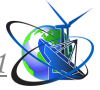
From the obtained dependences it can be concluded that the main criterion of equilibrium should be a certain ratio of adsorption centers and the equilibrium value of the concentration of adsorbed particles. All other indicators associated with adsorption are dependent on pressure and temperature.

At adsorption equilibrium, the number of particles coming from the gaseous medium to the surface of the solid becomes equal to the number of the same particles that pass from the surface of the body back to the gaseous medium in the same period of time. This indicates the importance of determining the equilibrium moisture of the paper and eliminates the occurrence of deformation of its surface layers, which can lead to incompatibility of inks during printing, and in multicolor printing causes twisting, corrugation and more.

Achieving metastable adsorption equilibrium is especially important for such a characteristic as the color perception of the printed material, which ultimately determines the quality of the printing coating.

References:

1. А. С. Морозов. Внутрішні напруження та їх вплив на міцність і структуру фарбової металізованої плівки поліграфічного призначення / А. С. Морозов // Технологія і техніка друкарства. - 2010. - № 1. - С. 179-184.
2. Л. С. Воловик. Фізична хімія / Л. С. Воловик, С. І. Ковалевська, В. В. Манк, О. М. Мірошников, Г. Л. Федоренко. - К : Фірма «Інкос».- 2007. – 196с.
3. Л. Д. Бобрівник. Органічна хімія / Л. Д. Бобрівник, В. М. Руденко, Г. О. Лезенко. - К. : Ірпінь: ВТФ «Перун», 2005.- 544 с.
4. В. А. Сминтина. Фізико-хімічні явища на поверхні твердих тіл / В. А. Сминтина. - Одеса : Астропринт, 2009. - 187 с.
5. Л. М. Олексій. Технологія виготовлення паперу / Л. М. Олексій.- Львів : УАД, 2007. - 72 с.



Анотація. В атомістичній моделі термін «поверхневий центр» застосовується до мікроскопічної групи атомів на поверхні, що при якомусь вмісті активна. Як поверхневі центри можна розглядати атоми основної ґратки з обірваним зв'язком, дефекти неоднорідної поверхні, домішки і т.і. Пов'язані з ними локальні напруження на поверхнях частіше усього є центрами адсорбції [1]. Наявність таких центрів на поверхнях, обумовлена особливостями виготовлення паперу і необхідністю релаксації матеріалу; їх хімічний потенціал дуже великий. За правилом Ле Шательє, якщо на систему, що перебуває в стані метастабільної рівноваги, впливати зовнішніми чинниками, змінюючи хоча б одну з умов, які визначають стан рівноваги, то в системі виникають процеси, направлені проти дії зовнішнього чинника. Досягти умовної адсорбційної рівноваги при акліматизації паперу мета кожного технолога перед друком.

Аналіз джерел науково-технічної інформації, не виявив відомостей, які б висвітлювали питання фізико-хімічної взаємодії поверхневих шарів паперу та парціальних параметрів відносної вологості (температура, тиск), що пов'язані з процесами поліконденсації води в технологічному приміщенні, де відбувається друк. В роботі представлені дослідження, що пояснюють умови виникнення адсорбційної рівноваги водяних парів при акліматизації паперу.

Ключові слова: акліматизація, адсорбційна рівновага, папір.

Стаття відправлена: 06.12.2021 р.

© Морозов А.С., Бабанська Л.О.



UDK 666.94:661.174

COMPOSITE BASED ON A SYSTEM OF COPOLYMER - ZEOLITE**Liubov Melnyk***PhD., associate professor**ORCID: 0000-0001-5139-3105***Yevpak Victoria***National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 37**Peremohy Ave., Kyiv 03056, Ukraine*

Abstract. In this paper, we consider the possibility of using zeolite in polymeric composite materials as a filler at its content up to 85 wt.%. IR spectroscopy confirmed the physical sorption of the polymer on the surface of the zeolite. Physico-mechanical and operational properties of the developed composites are determined.

Keywords: polymer composite, filler, zeolite, pore structure, properties.

Introduction

One of the ways to improve the properties of polymers is to fill them with structurally active additives, the addition of which provides the formation of a given phase and supramolecular structure of the matrix. Currently, layered and frame natural minerals, including natural and synthetic zeolites, are often used as modifiers of various polymer matrices. It is known that the introduction of zeolites into the polymer improves the functional properties of polymer composite materials (PCM).

The possibility of expanding the range of composite materials by involving in the production of new varieties of natural and man-made raw materials determines the relevance of these studies.

Literature data analysis and problem statement

Many researchers have studied the effect of fillers on changes in the properties of composites. Thus, [1] shows an improvement in the strength of epoxy material by 43% when introduced as a modifier of zeolite of natural origin.

Various technological methods are used to strengthen the adhesive interaction at the polymer-filler interface, which leads to a significant change in the structural organization of the heterogeneous system. For example, mechanochemical activation of the filler allows to increase the specific surface area of the particles by 1.5-2 times. Thus, the authors [2] showed that the introduction of mechanically activated zeolite in rubber mixture B14 containing ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) as one of the components, improves physical and mechanical properties, frost, wear, oil resistance, which they explain the formation of interfacial regions. in a multicomponent system in which zeolite particles act as centers of crystallization of the polymer.

The localization of zeolites at the boundary of rubber and UHMWPE, as well as the transformation of the structure of the latter by increasing the rate of its crystallization.

A similar effect of mechanically activated zeolite was found [3] when introduced into polytetrafluoroethylene (PTFE). The authors recorded an increase in the deformation strength and wear resistance of PKM based on PTFE and activated zeolite in comparison with PKM with inactivated zeolite. Structural studies of PKM,



conducted using scanning electron and atomic force microscopy, IR spectroscopy, and X-ray diffractometry, confirm the transformation of the supramolecular structure of PTFE from lamellar to spherulitic under the influence of activated zeolite particles.

Thus, the dependence of the functional parameters of PKM on the level of adhesive interaction of the polymer matrix with the filler is obvious, which, in turn, is directly related to such a characteristic of the filler as microporosity.

Experimental part

The purpose of the work was the development of a composite material with a polymeric binder at high concentrations of mineral raw materials - zeolite as a filler.

The object of study was composite based on copolymer-zeolite system.

The subject of the study was the physical and mechanical properties of the obtained composite material.

To solve this goal, the following tasks were solved:

- development of the composition of PKM based on an aqueous dispersion of polymer - zeolite;
- improvement of technology of preparation of samples;
- study of the composition and properties of the filler;
- analysis of the interaction of components in the system aqueous dispersion of polymer - zeolite;
- study of operational properties of PKM.

Aqueous dispersions of styrene-acrylic grade were used as a copolymer Latex DC 640 and styrene-butadiene brand Latex 2012. Their characteristics are given in the **table. 1**.

Table 1 - Characteristics of copolymers

Indexes	Brand of copolymer	
	Latex 2012	Latex DC 640
Physical condition	Aqueous dispersion	Aqueous dispersion
Dry residue content, %	51.0	40
pH	5.5	8.5
Viscosity (Brookfield), MPa · p	200	20
Temperature (MTPU), °C	<5	<5
Density, kg / m ³	1015	-
Chemical composition	Styrene-butadiene	Styrene acrylate

Natural zeolite from the Sokyrnytsia deposit of the Zakarpattia region was used as a filler [4]. The chemical composition of natural zeolite is characterized by a high content of SiO₂ at a quantitative ratio of SiO₂: Al₂O₃ = 5.2: 1 (**Table 2**).

Table 2 - Chemical composition of the filler

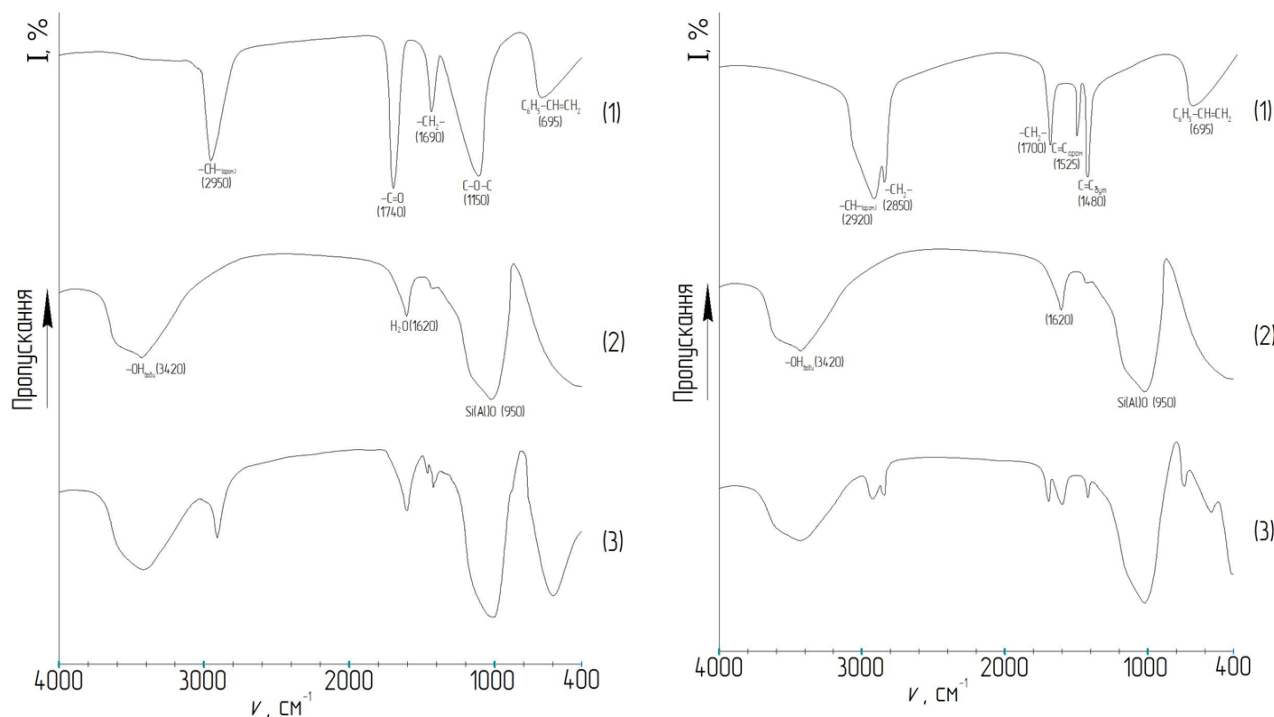
Sample name	Content of oxides, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	loi
Zeolites	68.02	13.04	1.92	0.30	2.71	1.63	1.57	2.64	16.94



The technology of composite production consists of the following stages:

1. Mechanical activation of filler and binder - 20 minutes in a ball mill.
2. Maturation of the composition - 48 hours at a temperature of 20-22 °C.
3. Forming blanks - 1 hour at 80 °C.
4. Heat treatment of the obtained samples - 2 hours at 80-120 °C.
5. Compression of composite material - 5 minutes, 20-21 °C, 7 MPa, 5 grams.

The interaction in the copolymer-zeolite system was investigated by IR spectrum (**Fig. 1**).



1 - dispersion Latex 640, 2 - zeolite,
3 - composite material (85 wt.% Zeolite)

1 - dispersion Latex 2012, 2 - zeolite,
3 - composite material (85 wt.% Zeolite)

Figure 1 - IR spectrum

As can be seen in the IR spectrum of styrene-alkyl dispersion Latex CD640 there are characteristic absorption bands at 1740 cm^{-1} , which correspond to monomeric units of acrylate and are the result of asymmetric and symmetric valence vibrations of the C=O bond in the carboxyl group. Valence oscillations of the C–O–C groups were observed at 1150 cm^{-1} , and vibrational oscillations of the CH₂– group were present at 1690 cm^{-1} . The absorption band at 2950 cm^{-1} confirms the presence of a benzene ring.

Regarding the Latex CD640 system - zeolite, the reduction of the intensity of the absorption bands at 1740 cm^{-1} and 2950 cm^{-1} and their shift towards lower frequencies, respectively 1640 cm^{-1} and 2900 cm^{-1} confirms the presence of interaction in the system.

In the IR spectrum of styrene-butadiene dispersion Latex 2012, the absorption band at 2920 cm^{-1} is responsible for the –CH– compound in the aromatic ring, and the absorption band at 1525 cm^{-1} is responsible for the presence of the ring itself. The absorption band of 2850 cm^{-1} confirms the presence of CH₂– group, and at 1480 cm^{-1} - the presence of a double bond.



For the composite material, there is a decrease in the intensity of the characteristic peaks and their slight shift towards lower frequencies, which confirms the physical sorption of the polymer on the surface of the zeolite.

Table 3 - Characteristics of the pore structure of the composite materials of the copolymer - zeolite system

Copolymer	The concentration of zeolite, wt	Maximum water absorption after 24 hours, %	The total volume of pores	Total porosity, %	Open porosity, %
Latex 2012	65	3.18	0.19	39.83	9.47
	75	3.52	0.11	29.05	16.89
	85	8.10	0.10	25.91	22.70
Latex DC 640	65	3.28	0.12	33.54	23.34
	75	3.65	0.10	27.25	18.52
	85	4.32	0.05	19.18	16.03

If we consider the porosity of the obtained composites (**Table 3**), it can be argued that it depends on the type of polymeric binder and the concentration of the filler.

Thus, in the same range of changes in the concentrations of the filler $C_z = 65-85$ wt. % when used Latex 2012 indicators of total porosity are at the level of 25.9-39.8%, when used Latex DC 640 - 19.2-33.5%.

Open porosity varies from 9.5 to 22.7%, while their share in total porosity increases from 0.24 to 0.88 when using Latex 2012.

Replacement of binder on Latex DC 640 with increasing filler content is marked by a decrease in the number of open pores from 23.3 to 16.0%, but their share in total porosity increases from 0.68 to 0.83.

Along with these features of the structure of composites based on the studied systems, there are differences in their properties.

Regarding the maximum water absorption after 24 hours, at increasing the zeolite content from 65 to 85 wt. % for systems with copolymer Latex 2012 there is a gradual increase in water absorption from 3.18 to 8.10% with an increase in open porosity from 9.5 to 22.7%. For a system with a binder, Latex DC-640 there is a slight increase in maximum water absorption from 3.28 to 4.32% with a decrease in open porosity from 23.3 to 16.0%.

The modulus of elasticity (**Fig. 2**) indicates the dependence of the strength of the composite on both the concentration of the filler and the type of copolymer. To a much lesser extent, the factors of filler content and type of copolymers affect the abrasion of composite samples, the indicators of which are generally insignificant and range from 0.005 to 0.02 g / cm².

Conclusions

Compositions of composite materials based on aqueous dispersions of Latex DC640 and Latex 2012 polymers and zeolite filler and sample preparation technology have been developed.



The hypothesis of the physical adsorption of the binder on the surface of the filler was confirmed by infrared spectroscopy.

It was found that the characteristics of the pore structure of the studied composites depend on the concentration of the filler and the type of copolymer.

It is analyzed that the variation of the zeolite concentration and copolymer types allows for regulating the indicators of physical-mechanical and operational properties.

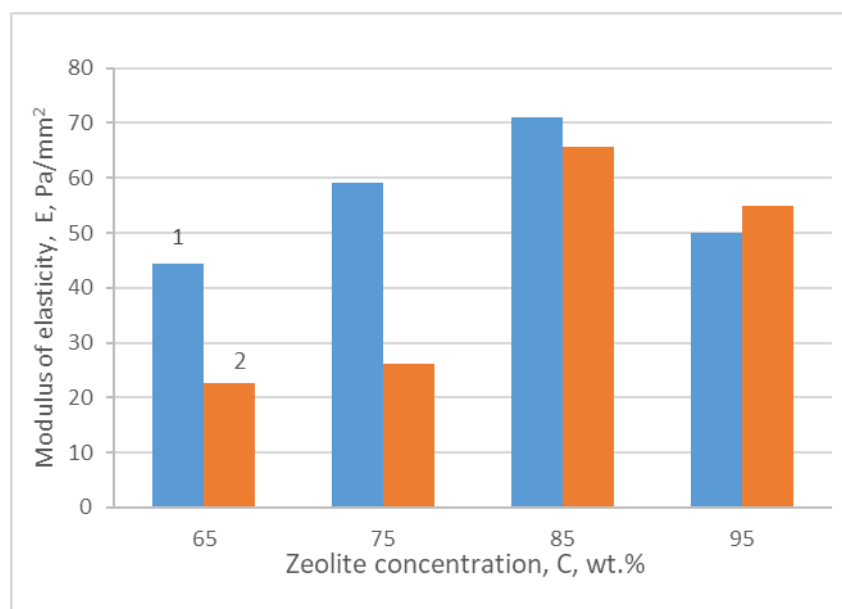


Figure 2 - Dependence of the modulus of elasticity on the concentration of zeolite

References

1. Sitnikov PA, Kuchin AV, Belykh AG, etc. Obtaining an epoxy composite material containing a natural aluminosilicate filler // Adhesives. Sealants. Technology. - 2011. - № 2. - P. 2-5.
2. Portnyagina VV, Sokolova MD, Petrova NN, Davydova ML, Shadrinov NV Modification of rubbers by natural zeolites at creation of frost-resistant consolidations of mining equipment of the North // Mining information-analytical bulletin. - 2011. - № 11. - P. 392-400.
3. Gogoleva OV, Okhlopko AA, Petrova PN, Vasiliev SV Development of promising materials based on polytetrafluoroethylene and natural zeolites // Materials Science. - 2013. - № 7. - P. 15-19.
4. Structure and properties of polymer composite based on natural zeolite / LI Melnyk, O.Yu. Belousov, AV Nehreyko, LP Chernyak // French-Ukrainian Journal of Chemistry, v. 8, n. 1, p. 12-18. <https://doi.org/10.17721/fujcV8I1P12-18>



УДК 619:614.31:613.2

STATE CONTROL, MEDICAL-BIOLOGICAL, TECHNOLOGICAL
ASSESSMENT OF GMO FOOD PRODUCTSДЕРЖАВНИЙ КОНТРОЛЬ, МЕДИКО-БІОЛОГІЧНА, ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗА
ГМО ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,

d.a. s., prof. / д.с.н., проф.

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

Podilskyi State Agrarian and Engineering University,

Kamianets-Podilskyi, Shevchenko, 13, 32300

Подільський державний аграрно-технічний університет,

Кам'янець-Подільський, Шевченко 13, 32300

Bukalova N. V. / Букалова Н.В.

Ph.D. (Veterinary), канд. вет. Н.

ORCID: 0000-0003-4856-3040

Bogatko N. M. / Богатко Н. М.

d.v. n/, д.в.н

ORCID: 0000-0002-1566-1026

Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1, 09100

Білоцерківський національний аграрний університет.,

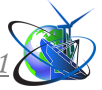
Біла Церква, Соборна 8\1, 09100

Abstract. For the production of food raw materials it is necessary to ensure state regulation and control in the field of GMO management, ensure measures to state support for genetic engineering, approve the procedure for state testing of GMOs in an open biosafety system and approve safety criteria for GMO handling in a closed system. Central executive bodies maintain state registers of GMOs and products produced with their use, place them on their own official websites and regularly publish them in the media. Examination of products from GM sources includes medical-biological and technological assessment. Medico-genetic assessment includes: assessment of the structure of recombinant DNA; assessment of regulatory sequences; study of the effects of expression of other genes; determination of HMD stability; environmental impact assessment. Medico-biological assessment includes: study of chemical composition (quality and safety indicators); assessment of biological value and digestibility in laboratory animals; toxicological examination on laboratory animals (not less than 5-6 months); assessment of allergenicity and mutagenicity; evaluation of immunomodulatory properties; study of the effect on reproductive function. Technological assessment includes: assessment of organoleptic and consumer properties; assessment of functional and technological parameters.

Key words: genetically modified organism (GMO), control, supervision, quality, safety, food, biosafety.

Actuality of theme.

The twentieth century was characterized by outstanding achievements of scientific and technological progress that radically changed human life. These are, first of all, nuclear technology, electronic and the latest biotechnology. Currently, biotechnology in practice shows great success in agriculture: the introduction of new varieties of plants that are resistant to herbicides, insects, diseases, stress: the creation of new foods with specified properties; production of food and feed protein, veterinary drugs; breeding of highly productive animals and microorganisms with new and enhanced properties and characteristics [1,4].



The use of GMOs began with solving the problems of obtaining cheap and increasing the amount of protein products needed for human treatment. At present, the range of GMO use is too wide: providing humanity with food, preserving biodiversity, treating certain diseases, improving product quality, correcting environmental pollution, and so on. Therefore, state supervision and control over the observance of biological and genetic safety of agricultural plants, animals, food products in the creation, research and practical use of GMOs in open systems at enterprises, institutions and organizations of the agro-industrial complex, regardless of their subordination and ownership is very important. Ukraine [1, 2].

The aim of the work was to substantiate the importance of state control in the food industry of Ukraine with the use of genetically modified organisms.

Research results.

A genetically modified organism, a living modified organism (GMO), is any organism in which the genetic material has been altered by artificial methods of gene transfer that do not occur under natural conditions, namely:

- recombinant methods, which involve the formation of new combinations of genetic material by introducing nucleic acid molecules (produced in any way outside the body) into any virus, bacterial plasmid or other vector system and their inclusion in the host organism in which they are usually do not occur, but are capable of long-term reproduction;
- methods that involve the direct introduction into the body of hereditary material prepared externally, including micro- and macroinjections and microencapsulations;
- cell fusion (including protoplasm fusion) or hybridization methods, when living cells with new combinations of genetic material are formed by fusing two or more cells in a way that is not realized under natural circumstances.

Genetically modified sources are raw materials and food products (components) used by humans in natural or converted form, derived from GMOs or containing them in their composition.

Products obtained using GMOs are products, including food and feed, the production technology of which involves the use of GMOs at any stage. Problems of ensuring adequate safety from the negative effects of GMOs, as well as their transboundary movement, led to the development of the Cartagena Protocol on Biosafety under the Convention on Biological Diversity (1996). In 2002, Ukraine acceded to the Cartagena Protocol, which reaffirmed its position in support of coordinated measures to ensure an adequate level of protection in the safe transfer, handling, processing, transboundary movement and use of GMOs that can affect the conservation and sustainable use of biodiversity, taking into account risk to human health and unpredictable consequences for future generations.

The full implementation of Ukraine's international obligations under the Cartagena Protocol requires a conceptual definition of the foundations of state policy in the field of GMO biosafety, as well as long-term mechanisms for its implementation.

The State Committee of Veterinary Medicine has developed a Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On approval of the Procedure for state approbation



(testing) and state registration of feed sources, feed additives, premixes and veterinary drugs created on the basis of genetically modified organisms", 2007.

Importation into Ukraine of samples of veterinary drugs, premixes, feeds, feed additives created on the basis of GMOs is allowed provided that the information in the relevant documents and the mark "GMO" on the packaging in Ukrainian. Approbation will be carried out according to the methods of detection and identification of GMOs approved by the State Committee of Veterinary Medicine.

The Law of Ukraine "On the State Biosafety System in the Creation, Testing, Transportation and Use of Genetically Modified Organisms" [3,4] specifies the powers of the Cabinet of Ministers of Ukraine regarding:

- ensuring state regulation and control in the field of GMO management and genetic engineering activities;
- ensuring the implementation of measures for state support of genetic engineering activities;
- directing and coordinating the work of central executive bodies and other executive bodies in the field of GMO management and genetic engineering activities;
- organization of international cooperation in order to ensure the safe handling of GMOs and the development of scientific knowledge in this field;
- approval of the procedure for state registration of GMOs and products obtained with their use;
- approval of the procedure for import of GMO sources of food, feed and food products and feed produced from GMOs;
- approval of the procedure for granting a permit for the transit movement of GMOs through the territory of Ukraine;
- approval of the procedure for licensing genetic engineering activities in closed and open systems;
- approval of the procedure for state testing (testing) of GMOs in the open system and obtaining permission to conduct them;
- approval of safety criteria for GMO handling in a closed system.

Central executive bodies maintain state registers of GMOs and products produced with their use, place them on their own official websites and regularly publish them in the media. Products registered in the State Registers of GMOs: varieties of agricultural plants and animal breeds created on the basis of GMOs; plant protection products obtained using GMOs; GMO food sources, as well as food products, cosmetics, medicines that contain GMOs or obtained with their use; GMO feed sources, as well as feed additives and veterinary drugs that contain GMOs or are obtained using them. State registration takes place for a period of five years free of charge. The term of consideration of registration documents may not exceed 120 days from the date of their submission, including the terms of the relevant examinations. Industrial production and introduction of GMOs, as well as products produced with the use of GMOs, prior to their state registration is prohibited.

In November 2009, a meeting of the profile committee of the Verkhovna Rada of Ukraine on amendments to the Law of Ukraine "On the State Biosafety System in the Creation, Testing, Transportation and Use of Genetically Modified Organisms"



was approved. The purpose of this project is to define the powers of the State Committee of Veterinary Medicine regarding the registration of veterinary drugs, feeds and feed additives obtained using GMOs.

According to the EU Regulation 258/27 and the Directive of the European Parliament and the Council №1829 / 2003 of 22.09.2003 in Ukraine the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 985 “Issues of circulation of food containing GMOs” [4] was developed, which allows import and sale of food, which contain GMOs in quantities of more than 0.9%, only in the presence of proper labeling indicating the quality of the product. Adaptation of the legislation of Ukraine to the Legislation of the European Union is a priority component of the process of Ukraine's integration into the EU requirements.

According to Greenpeace research, a large number of world-renowned companies use genetically modified ingredients to produce their products: Nestle, Coca-Cola, Damon, Procter and Gamble Kellogg's, Unilever Unilever Heinz Foods Hershey's, McDonalds, Smilas, Cadbury, Mars, Pepsi Cola. On the basis of GM components the following food additives are made: riboflavin E 101, E 101 A; caramel E 150; xanthan E 415; lecithin E 322, E 153, E 160 d, E161 c, E 308 g, E 471, E 472f, E 473, E 475, E 476 b, E 477, E 479 a, E 570, E 572, E 573, E 620 – E 625 and others. [1,5].

Examination of products from GM sources includes medical-biological medical-biological and technological assessment. Medico-genetic assessment includes: assessment of the structure of recombinant DNA; assessment of regulatory sequences; study of the effects of expression of other genes; determination of HMD stability; environmental impact assessment. Medico-biological assessment includes: study of chemical composition (quality and safety indicators); assessment of biological value and digestibility in laboratory animals; toxicological examination on laboratory animals (not less than 5-6 months); assessment of allergenicity and mutagenicity; evaluation of immunomodulatory properties; study of the effect on reproductive function. Technological assessment includes: assessment of organoleptic and consumer properties; assessment of functional and technological parameters.

According to the materials of the international conference in Brussels "Methods of detection of new food derived from GMOs" (1998), there are currently two main methods that can identify the presence of even traces of GMOs: immunological method (ELISA method) and polymerase chain reaction (PCR). The first method detects specific proteins, but one of the disadvantages of the method is the low efficiency of evaluation of foods that have been subjected to heat treatment. The PCR method is more accurate, characterized by high sensitivity, which allows for qualitative and quantitative assessment of genetic material.

Ukraine has approved national standards for products containing GMOs: GSTU GEN / TS 15568: 2008, GSTU ISO 21569: 2008, GSTU ISO 21570: 2008 [5, 6, 7]. These standards define methods for detecting GMOs and their derivatives in food. After the establishment of the control system, Ukraine introduced labeling for food products containing GMOs.



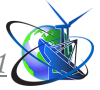
Conclusion.

The biological safety of genetically modified organisms among other environmental safety is very specific and still little studied. Therefore, biosafety systems are currently being developed in many countries around the world. There is a UNEP-GEF project in more than 100 countries (an environmental program in conjunction with the Global Environment Facility), which aims to involve more professionals in the study of a full-fledged legal framework and administrative framework to address issues related to using GMOs. Ukraine concludes international agreements, participates in the international exchange of information in order to further develop and strengthen international cooperation in the field of biological and genetic safety in the implementation of genetic engineering and GMO management in accordance with applicable law.

References

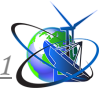
1. Commission Regulation (EC) № 889/2008 of 5 September 2008. Detailed rules on organic production, labeling and control for the implementation of Council Regulation (EC) №834 / 2007 on organic production and labeling of organic products.
2. Natural honey. Technical conditions: DSTU 4497: 2005. Valid from 2005-12-28. К .: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007. - 21 p. (National standard of Ukraine).
3. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety // Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects» (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016).
4. T. Prylipko, V.Kostash, T.Koval, A.Shuliar, V. Tkachuk, A.Shuliar. Modeling of microbiological and biochemical processes under the conditions of steam contact sterilization in containers of turkey meat pate. INDEPENDENT JOURNAL OF MANAGEMENT & PRODUCTION (IJM&P). v. 12, n. 3, Special Edition ISE, S&P – May 2021. p.p. 318-334. [http:// www.ijmp.jor.br](http://www.ijmp.jor.br). ISSN: 2236-296X. DOI: <http://dx.doi.org/10.14807/ijmp.v12i3.1444>
5. Prylipko T.M., KostashV.B., Fedoriv V.M. Technological and physicochemical parameters of semi-finished poultry meat depending on the method of manufacture MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien, Germany, Karlsruhe 2021, Part 2, no. 15, P. 119-123

Анотація. За виробництва харчової сировини необхідно забезпечити державне регулювання і контроль у сфері поводження з ГМО, забезпечити здійснення заходів щодо державної підтримки генетично-інженерної діяльності, затвердити порядок проведення державної апробації ГМО у відкритій системі біобезпеки та затвердити критерії безпеки поводження з ГМО у замкненій системі. Центральні органи виконавчої влади ведуть державні реєстри ГМО та продукції, виробленої з їх застосуванням, розміщують їх на власних офіційних веб-сайтах та регулярно публікують у засобах масової інформації. Експертиза продукції із ГМ-джерел включає медико-біологічну та технологічну оцінку. Медико-генетична оцінка включає: оцінку структури рекомбінантної ДНК; оцінку регуляторних послідовностей; вивчення ефектів експресії інших генів; визначення



стабільності ГМД; оцінка впливу навколишнього середовища. Медико-біологічна оцінка включає: вивчення хімічного складу (показники якості та безпеки); оцінка біологічної цінності і засвоюваності на лабораторних тваринах; токсикологічне дослідження на лабораторних тваринах (не менше 5–6 місяців); оцінка алергенності та мутагенності; оцінка імуномодуючих властивостей; вивчення впливу на репродуктивну функцію. Технологічна оцінка включає: оцінка органолептичних та споживчих властивостей; оцінка функціонально-технологічних параметрів.

Ключові слова: генетично-модифікований організм (ГМО), контроль, нагляд, якість, безпечність, харчові продукти, біобезпека.



УДК 338.486

PROSPECTS OF IMPLEMENTATION OF ADDITIONAL CULINARY PRODUCTS TECHNOLOGIES IN HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ

Razkevych V. / Разкевич В.Ю.

Pushka O. / Пушка О.С.

PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hotel and Restaurant Services / к.т.н., доцент кафедри готельно-ресторанної справи

Miroshnik Yu. / Мирошник Ю. А.

*к.т.н., старший викладач кафедри готельно-ресторанної справи**National University of Food Technology**Національний університет харчових технологій*

У статті розглянуто розвиток та сучасний стан 3D-друку в сфері готельно-ресторанного господарства. Проаналізовано сучасні розробки адитивних технологій, принцип роботи харчових 3D-принтерів. Встановлено, що найбільшого поширення у світі набули 3D-принтери екструзійного та карусельного типу. Наведено загальний принцип роботи тривимірного харчового принтера. На основі аналізу всесвітньо відомих харчових 3D-принтерів, виділено та охарактеризовано два пристрої - WIIBOOX Sweetin та Foodini, які можуть найкраще підійти для роботи в закладах сфери гостинності, оскільки застосування вищенаведеного обладнання відкриє широкий спектр можливостей для удосконалення виробів усіх кулінарних груп. Використовуючи подібні пристрої, заклади ресторанного господарства можуть значно підвищити свою рентабельність завдяки запровадженню кулінарних 3D-технологій.

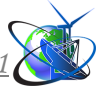
Ключові слова: 3D-принтер, адитивні технології, готельно-ресторанний бізнес, страва, заклад ресторанного господарства.

Постановка проблеми.

В сучасному світі науково-технічний прогрес є одним з найвагоміших факторів розвитку. В сьогоденних умовах господарювання помітно простежується залежність економічного розвитку держави від ступеня і масштабу використання інновацій. В готельно – ресторанному бізнесі застосування новітніх технологій дозволяють готельєрам підвищити рівень та конкурентоспроможність свого господарства. Світова індустрія гостинності настільки стрімко розвивається, що навіть під час глобальної економічної кризи прослідковується динаміка росту.

Готельно – ресторанний бізнес відіграє важливу роль в економіці країни. На сьогоднішній день, індустрія гостинності є найбільш вразливою по відношенню до конкуренції. Чисельність туристів стрімко зростає з кожним роком, як наслідок, виникає більша потреба в послугах розміщення та харчування. Все частіше відкриваються нові готельні підприємства та заклади ресторанного господарства, змагаючись у боротьбі між собою за кожного споживача.

Інноваційність є основною характеристикою сучасної економіки, а технічний прогрес є одним з найвагоміших факторів розвитку. Впровадження інноваційної діяльності зазвичай базуватися на ідеях:



- розробки та впровадження нових продуктів для туристів, ресторанів або готелів;
- введення в експлуатацію сучасних технологічних систем та пристроїв;
- певної інноваційної діяльності при будівництві готельних комплексів або експлуатації різних матеріалів.

Останнім часом в індустрії гостинності спостерігається динамічний розвиток. З економічної точки зору, інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі необхідні для збільшення прибутку. Такі рішення дозволяють залучити в готель більшу кількість відпочиваючих, викликати інтерес у тих груп населення, які раніше не зверталися до послуг готелю. Крім того, подібні оновлення потрібні для того, щоб не дати можливості конкурентам забрати постійних відвідувачів. Даний вид інвестицій дозволяє поліпшити якість обслуговування, за рахунок чого кількість споживачів неодмінно збільшиться, а відповідно, обов'язково зросте прибуток.

Проаналізувавши сучасні технології у світі та їх місце у вітчизняних закладах готельно-ресторанного господарства, встановлено, що перспективним та актуальним може стати впровадження адитивних технологій в закладах харчування.

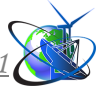
Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Прогрес розвитку комп'ютерних методів конструювання (3D-CAD) бере свій початок ще з 1981 року. Історія починається з японського вченого Хідео Кодама. Він розробив та запатентував свій пристрій для швидкого прототипування, в якому використовувався фотополімер, що, будучи рідким на початку, твердішав під впливом ультрафіолетового світла. Система цього пристрою була досить схожою на сьогоденну: він наносив полімер шар за шаром та давав йому затвердіти. Таким чином кожен шар був поперечним перерізом майбутньої моделі. Саме цей винахід заклав початок стереолітографії. Але нажаль, патент вченого був не в змозі перетворитися на широковживану технологію і даний проєкт було згорнуто, через брак фінансування [1].

Справжнім винахідником та батьком 3D-технологій прийнято вважати американського вченого Чарльза Галла. В 1984 році йому вдалося надрукувати об'ємний предмет на основі файлу, який був згенерований комп'ютером. Цей винахід був запатентований як стереолітографія. Саме перша стереолітографічна машина (Stereolithographic apparatus, SLA) може вважатися справжнім 3D-принтером у сучасному сенсі [2].

3D-друк — одна з форм технологій адитивного виробництва, в якій тривимірний об'єкт створюється під час накладання послідовних шарів матеріалу за даними цифрової моделі. 3D-принтер забезпечує створення фізичного об'єкта шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу на основі віртуальної 3D-моделі. Такі принтери, як правило, швидші, більш доступні і простіші у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва.

Ідея розробки такого пристрою належить американським ученим з Массачусетського технологічного університету. Саме там у 2010 році був



створений перший кондитерський 3D-принтер. Засновниками даного пристрою є вчені Амит Зоран и Марчелло Коэльо. Перший пристрій, який друкував різними ласощами з горіхів, шоколаду та фруктів, був названий Cornucopia, що в перекладі означало «Ріг достатку». Даний пристрій складався зі спеціальної приймальної форми з функцією терморегуляції, певної каруселі з інгредієнтами (компонентами майбутньої страви), а також системи управління інтерфейсу для користувачів. Перший харчовий 3D-принтер Cornucopia був здатний самостійно створювати суміші з певних інгредієнтів, охолоджувати або нагрівати її до заданої температури та створювати кінцевий продукт з необхідним смаком, ароматом та текстурою [3].

Всього кілька років тому харчові 3D-принтери цікавили лише NASA — агентство хотіло запустити харчовий принтер у космос, а вже зараз ними активно користуються підприємства харчової промисловості, ресторани та навіть будинки для людей похилого віку, та й для власної кухні харчовий принтер купити стало набагато простіше [4].

NASA констатує, що в космосі адитивне виробництво відкриває потенціал для нових можливостей місії, чи то «друкування» їжі, інструментів або цілих космічних кораблів. Адитивне виробництво дає можливість отримати найкращі параметри, форму та системи доставки матеріалів для подорожей у далекий космос. Ось чому NASA є провідним партнером президентської Національної мережі з інновацій у виробництві та Advanced Manufacturing Initiative [5].

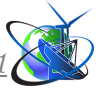
З моменту оприлюднення принципів харчового друку та створення першого кулінарного 3D-принтеру пройшло відносно не багато часу. Але вже сьогодні існує безліч інноваційних проектів пов'язаних з харчовим 3D-друком.

До 2017 року здавалося, що синтетичне м'ясо - це вершина інновацій, які може запропонувати сучасна наука кулінарної сфери. Однак в 2019-му з'явився стартап, який працює над 3D-друком рослинних стейків, Redefine Meat (також відомий як Jet-Eat), що базується в Ізраїлі [6].

Даний проект працює над технологією, яка дозволяє виробляти «м'ясну альтернативу» на рослинній основі, яка імітує аналогічні компоненти, а точніше, цілі страви - біфштекси, печеня і тушковане м'ясо з натуральних інгредієнтів. Їх підхід поєднує в собі запатентовану технологію 3D-друку, цифрове моделювання та рецептуру харчових продуктів на рослинній основі, що допомагає їм створювати нові категорії м'ясних продуктів.

Ще одним з нещодавніх світових досягнень у застосуванні 3D-друку є надрукована японська мармурова яловичина Вагю. М'ясо цих корів відрізняється неймовірно високою якістю та коштує дуже дорого. Існує думка, що методи вирощування великої рогатої худоби сьогодні часто вважаються нестійкими через велику кількість шкідливих викидів в атмосферу. В зв'язку з цим вчені почали розробку так званого культивованого м'яса, використовуючи стовбурові клітини, виділені з корів Вагю, для 3D-друку альтернативного м'яса, що містить м'язи, жир і кровоносні судини, розташовані так, щоб вони нагадували звичайні стейки [7].

Таким чином, у світі спостерігається зацікавленість адитивними технологіями, які здатні замінити ряд сучасних напрямків приготування



кулінарної продукції.

Постановка завдання. Метою дослідження є узагальнення літературних даних щодо розвитку та сучасного стану адитивних технологій у світі та встановлення перспектив використання їх у кулінарній продукції вітчизняних закладів ресторанного господарства.

Виклад основного матеріалу дослідження.

З появою 3D-принтерів починається нова епоха, яка знаменується великим потенціалом у просторі високих технологій. Апарати вузької спеціалізації володіють безмежними можливостями і сьогодні використовуються майже в кожній сфері життя сучасної людини. Використовуючи 3D технології, величезна кількість інженерів, архітекторів, лікарів та багато інших спеціалістів мають можливість реалізовувати в життя часом нереальні ідеї, багато з яких знайшли своє застосування у різних сферах науки та техніки.

3D-принтер – пристрій для створення фізичних об'єктів шляхом послідовного накладання шарів. Іншими словами це те, що перетворює віртуальну модель у реальну. Щоб відтворити той чи інший об'єкт на 3D-принтері, спочатку розробляється його віртуальний шаблон, для створення якого існує спеціальне програмне забезпечення. 3D-принтери пропонують розробникам продуктів можливість друку деталей і механізмів з декількох матеріалів та з різними механічними і фізичними властивостями за один процес складання [8].

Процес роботи харчового 3D-принтера схожий з пристроєм звичайного струменевого принтера. Різниця полягає лише у вмісті картриджів: тонери з харчовими інгредієнтами замінюють ємкості з рідкими барвниками.

3D-принтери здатні створювати багатокомпонентні страви з віртуальних моделей. У пам'яті принтера зберігається багато рецептів. Щоб надрукувати страву, необхідно вибрати один із рецептів та натиснути на кнопку. Після цього принтер відповідно до закладеного в нього алгоритму почне шарами викладати інгредієнти на робочу поверхню або на тарілку. Отриманий таким чином продукт охолоджується або запікається.

3D-принтери дозволяють друкувати їстівні тривимірні фігури з густої та однорідної продуктової маси. Підставкою для друку може бути робоча поверхня принтера, тарілка або деко, де згодом страва доведеться до повної готовності. Основним робочим інструментом таких апаратів є екструдер, через сопло якого видавлюється суміш. 3D-принтери бувають декількох типів:

Простий (екструзійний) – на сьогоднішній день є досить класичним обладнанням для об'ємного друку, але замість пластикової нитки використовуються харчові інгредієнти. Робоча головка з екструдером та шприцом, заповненим друкарською масою, рухається над поверхнею, поступово видавлюючи сировину. Продуктові шари накладаються один на інший до створення виробу. Особливо часто такі 3D-принтери використовують для друку фігурок із різних видів шоколаду [9].

Карусельний – складніше обладнання, яке може друкувати кількома типами сировини. Відповідно до рецепту та послідовності дій, прописаних у програмі, апарат крутить "карусель" і зупиняє над робочою поверхнею



потрібну тубу з екструдером. За допомогою принтерів карусельного типу можна друкувати справжні кулінарні шедеври, різноманітні за формою та вмістом [10].

Існує величезна кількість харчових принтерів з 3D-технологією, але кожний працює за одним і тим самим принципом – це пошарове створення об'єкта відповідно до заданої цифрової 3D-моделі. За цими складними словами, стоїть зовсім нескладне управління, доступне навіть некваліфікованому персоналу.

Провівши аналіз всесвітньо відомих харчових 3D-принтерів, можемо виділити два пристрої - WIIBOOX Sweetin (рис. 1) та Foodini (рис. 1), які на нашу думку є найбільш оптимальними для використання у закладах ресторанного господарства, оскільки виробники пропонують найкраще співвідношення ціни та якості [11, 12]. Дані пристрої забезпечують точний друк, високу швидкість роботи, довговічність, простоту та зручність експлуатації.

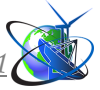


Рис.1 - Харчовий 3D-принтер WIIBOOX Sweetin

Вищенаведений пристрій може друкувати не тільки солодкими компонентами, а й виготовляти страви високої кухні з різноманітних паст, джемів, пюре та ін. Він розроблений для втілення у життя найсміливіших кулінарних ідей. Пристрій чудово підходить для друку невеликих порцій, що є актуальним рішенням в запровадженні даної технології у закладах ресторанного господарства при готелі.

Харчовий принтер оснащений автоматичним калібруванням, що робить його максимально точним. Завдяки великому сенсорному дисплею, дозволяє робити корегування в процесі роботи, наприклад: змінювати температуру або об'єм. В 2019 році дана модель увійшла в топ 10 кращих 3D-принтерів.

Процес підготовки харчового принтеру до друку розпочинається з програмного налаштування. Воно досить легке у використанні, що робить його оптимально простим для виготовлення страв у закладі ресторанного господарства. Спочатку 3D-модель завантажується на гаджет, де задаються всі необхідні налаштування. Далі створена модель з усіма налаштованими параметрами завантажується на 3D-пристрій за допомогою USB або WI-FI. 3D-



принтер Foodini від виробника Natural Machines працює на основі технології пошарового накладання матеріалу FDM.



Рис.2 - Харчовий 3D-принтер Foodini

Пристрій оснащений п'ятьма капсулами, які можуть завантажуватися різноманітними інгредієнтами. Видавлювання продуктів виконується під впливом різного тиску та температури. У даний пристрій можна завантажувати до п'яти продуктів різної текстури одночасно. Завдяки соплам різного діаметру, що постачаються в комплекті з принтером, для друку підійдуть найрізноманітніші компоненти.

Ринок харчових 3D-принтерів стабільно зростає, пропонуючи споживачеві все ширший асортимент пристроїв із зручним та зрозумілим інтерфейсом.

Більшість подібного обладнання призначено для друку конкретних виробів (шоколадних і цукрових фігурок, кондитерських прикрас), проте застосування вищенаведених принтерів в закладах ресторанного господарства відкриє широкий спектр можливостей для удосконалення виробів усіх кулінарних груп.

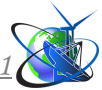
Висновки з проведеного дослідження.

На основі проведеного аналізу встановлено, що використання адитивних технологій викликає все більший інтерес серед науковців та виробників харчової продукції. Те, що ще 20 років тому здавалося не можливим, космічним, сьогодні стає реальністю. За допомогою комп'ютерних систем можна створити нові інгредієнти, харчові продукти та страви.

Спостерігається чітка тенденція зростання зацікавленості новітніми технологіями у сфері 3D-індустрії. Це, безперечно, викликає інтерес у споживачів. Тому, заклади ресторанного господарства можуть значно підвищити свою рентабельність завдяки запровадженню кулінарної 3D-технології.

Бібліографічний список:

1. <https://www.prostranstvo.media/uk/zd-druk-dovga-istoriya-tehnologiyi-majbutnogo/>
2. <http://thefuture.news/3d-printing>
3. <https://razborka-pc.com.ua/kharchovyj-3d-prynter-majbutnie-kulinarno.html>



4. https://www.bbc.com/ukrainian/science/2013/09/130930_nasa_3d_preinter_rl
5. https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnology/home/feature_3d_food.html
6. <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3094061-izrailska-kompania-nadrukuvala-persij-roslinnij-stejk-na-3dprinteri.html>
7. <https://focus.ua/uk/digital/491143-vpervye-v-mire-yaponskie-uchenyena-pechatali-mramornuyu-govyadinu-vagyu-na-3d-printere>
8. https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/158653/mod_resource/content/0/add_tech_lec1.pdf
9. <https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/top-10-pishchevykh-3d-printerov-2021-goda/>
10. <https://vektorus.ru/blog/pischevye-3d-printery.html>
11. https://cvetmir3d.ru/pishchevye-3d-printery/pishchevoy_3d
12. <https://3dtoday.ru/3d-printers/natural-machines/foodini>

References:

1. <https://www.prostranstvo.media/uk/zd-druk-dovga-istoriya-tehnologiyi-majbutnogo/>
2. <http://thefuture.news/3d-printing>
3. <https://razborka-pc.com.ua/kharchovyj-3d-pryter-majbutnie-kulinarno.html>
4. https://www.bbc.com/ukrainian/science/2013/09/130930_nasa_3d_preinter_rl
5. https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnology/home/feature_3d_food.html
6. <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3094061-izrailska-kompania-nadrukuvala-persij-roslinnij-stejk-na-3dprinteri.html>
7. <https://focus.ua/uk/digital/491143-vpervye-v-mire-yaponskie-uchenyena-pechatali-mramornuyu-govyadinu-vagyu-na-3d-printere>
8. https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/158653/mod_resource/content/0/add_tech_lec1.pdf
9. <https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/top-10-pishchevykh-3d-printerov-2021-goda/>
10. <https://vektorus.ru/blog/pischevye-3d-printery.html>
11. https://cvetmir3d.ru/pishchevye-3d-printery/pishchevoy_3d
12. <https://3dtoday.ru/3d-printers/natural-machines/foodini>

The article considers the development and current state of 3D printing in the hotel and restaurant industry. Modern developments of additive technologies, the principle of operation of food 3D-printers are analyzed. It is established that the most widespread in the world are 3D-printers of extrusion and carousel type. The general principle of operation of the three-dimensional food printer is given. Based on the analysis of world-famous food 3D-printers, two devices were identified and characterized - WIIBOOX Sweetin and Foodini, which may be best suited for work in hospitality, as the use of the above equipment will open a wide range of opportunities to improve products of all culinary groups. By using such devices, restaurants can significantly increase their profitability through the introduction of culinary 3D-technologies.

Keywords: 3D-printer, additive technologies, hotel and restaurant business, food, restaurant business.



УДК 619.52:577.115.3:639.3

**HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF PARASITOLOGICAL
EXAMINATION OF FISH****ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПАРАЗИТОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РИБИ****Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,***d.a. s., prof. / д.с.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

*Podolsk State University, Kamianets-Podilskyi, Shevchenko, 13, 32300**Подільський державний університет,**Кам'янець-Подільський, Шевченко 13, 32300***Bukalova N. V. / Букалова Н.В.***Ph.D. (Veterinary), канд. вет. н.*

ORCID: 0000-0003-4856-3040

Lyasota V.P. \ Лясота В.П.*d.v. s., prof. / д.в.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-2442-2174

*Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1, 09100**Білоцерківський національний аграрний університет.,**Біла Церква, Соборна 8\1, 09100*

Abstract. The data of hematological parameters of carp for phylometroidosis are given. During the parasitological examination on the body of the fish revealed swelling, bumps, reddened areas, stiffness of the scales. Pink helminths 7-9 cm long were found in some scaly pockets and muscle tissue. Mature nematodes were more often localized under the scales around the head in the spine, on the sides and abdomen, sometimes on the gill covers, less often they were found on the tail. The obtained data indicate significant changes in hematological parameters of the erythroid blood line of sick and healthy fish. Analysis of the data showed that the number of erythrocytes was significantly higher in clinically healthy fish, but the resistance of erythrocytes was slightly increased in the blood of fish with phylometroidosis. The hematocrit was slightly higher in the blood of clinically healthy fish. There was a slight decrease in the number of T-active lymphocytes in the blood of fish affected by phylometroidosis by 15.76% ($P < 0.01$). The same downward trend was found for other indicators, namely T-total lymphocytes by 12.84% ($P < 0.01$). The indicators of T-helpers (by 17.70%), T-suppressors (by 35.31%) and the values of B-RUL of lymphocytes by 10.55% ($P < 0.05$) probably decreased.

Keywords. fish, phylometroidosis, blood, invasion, reservoir, diagnosis, erythrocytes, leukocytes

Introduction.

A significant danger for fish farming is the defeat of fish by parasitic diseases, and for humans - the consumption of fish infected with helminthiasis. Fish, which is a valuable food product, can cause serious human helminthiasis. Parasitic diseases are accompanied by metabolic disorders in the body of fish, resulting in reduced productivity and payment for food. Therefore, timely diagnosis of fish diseases and their prevention and eradication are important in economic terms and are of great importance [4,7].

The importance of ichthyopathological and ichthyoparasitological research is growing due to the expansion of fisheries and the introduction of new breeding facilities (including those imported from other countries), the use of new veterinary



ichthyoparasitological methods. The losses caused by fish diseases, especially parasitic ones, remain significant. It is clear that the exact diagnosis of invasive disease can be made only by identifying its causative agent to the species, and without such a diagnosis can not be effective prevention and treatment, ie reducing losses in fish farming [5].

Observation of changes in blood composition helps to control the physiological state of the fish body, which is extremely important when conducting various ichthyological, ichthyopathological and other studies and fish farming activities [3,4].

Fish blood clearly responds to the influence of various pathogenic factors: pathogens of infectious and invasive diseases, toxicants, adverse environmental conditions and more. Changes in hematological parameters of the blood can be judged on the nature of pathological processes occurring in the body of fish. The results of hematological and biochemical and cytogenetic studies of blood are ancillary and allow to clarify the diagnosis of the disease. The main hematological indicators used in ichthyopathology are: determination of the number of erythrocytes and leukocytes, hemoglobin level, erythrocyte sedimentation rate and leukogram excretion [5].

The aim of the study was to study fish - biological, hematological and biochemical parameters of sick and clinically healthy fish.

Material and methods. Two groups of fish were used for research. Clinical signs of phylometroidosis were observed in one group of fish caught from the pond. Sick and clinically healthy fish were kept in separate ponds. To determine changes in the parasitofauna of pond fish depending on the habitat, step-by-step parasitological dissections and fish data, planting density, fish feeding, and pond fertilization were taken into account.

Results of the research.

The fish lost weight, lethargy, gill anemia, the fish stayed closer to the surface of the water, did not take food. During the parasitological examination on the body of the fish found swelling, bumps, reddened areas, stiffness of the scales. Pink helminths, 7-9 cm long, were found in some scaly pockets and muscle tissue. Adult nematodes were more often localized under the scales around the head in the spine, on the sides and abdomen, sometimes on the gill covers, less often they were found on the tail. At the opening of the fish there was an inflammatory process in the liver, it is enlarged, clay-colored, the pulp is softened with foci of hemorrhage. The kidneys are blood-filled, slightly enlarged. The swimming bladder is inflamed, its walls are matte with a dirty gray tinge. On the basis of epizootological data, clinical signs and pathological - anatomical changes, we diagnosed phylometroidosis of fish.

The study of changes in the erythroid blood count was performed in sick and healthy fish. The results of studies have shown that hematological parameters in carp undergo significant changes in the occurrence of diseases. As can be seen from the data shown in table 1, the number of erythrocytes in the blood of sick fish is much smaller compared to their number in the blood of healthy ($P < 0,01$).

The resistance of erythrocytes in the blood of clinically healthy carp is 41.1% lower ($P < 0.05$) compared to the resistance of erythrocytes in the blood of sick fish. The obtained research results also indicate significant changes in hematocrit in the



blood of sick and healthy fish. There was a probable decrease in hematocrit in sick fish by 20.6% ($P < 0.05$) compared with clinically healthy.

Table 1 - Indicators of the erythroid series of fish blood ($M \pm m$, $n=8$)

Indicators	Fish sick	Fish clinically healthy
The number of erythrocytes T / l	$1,1 \pm 0,07$	$2,1 \pm 0,23^{**}$
Erythrocyte resistance	$1,4 \pm 0,28$	$0,8 \pm 0,15^*$
Hematocrit, %	$35,0 \pm 2,72$	$41,5 \pm 2,30^*$
Hemoglobin, g%	$6,75 \pm 0,50$	$10,8 \pm 0,70^{***}$
Erythrocyte volume 1 μg	$168,8 \pm 13,54$	$133,42 \pm 22,63$
The amount of hemoglobin in 1 erythrocyte is 10-12 g	$54,8 \pm 1,89$	$51,0 \pm 6,55$
The concentration of hemoglobin in 1 erythrocyte, %	$25,42 \pm 2,55$	$30,94 \pm 2,24$

*Degree of probability: * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$*

Studies of hemoglobin content in carp blood have shown that its content has also undergone significant changes in sick and clinically healthy fish. In particular, in the blood of clinically healthy fish the hemoglobin content was 10.8 ± 0.70 g /%, in the blood of sick fish it was lower by 31.6% ($P < 0.001$). The content of hemoglobin in the blood of carp is directly dependent on the number of erythrocytes. When the disease occurs, the number of erythrocytes and the content of hemoglobin in the blood of carp decreases. The volume of one erythrocyte in the blood of clinically healthy fish was 133.42 ± 22.63 , and in the blood of sick fish this figure increased by 18.7%. The amount of hemoglobin in one erythrocyte is almost the same in the blood of sick and healthy fish. It was 54.8 ± 1.89 and 51 ± 6.55 10-12 g, respectively. The concentration of hemoglobin in one erythrocyte increased slightly in clinically healthy fish.

Thus, the obtained data indicate significant changes in hematological parameters of the erythroid blood of sick and healthy fish. Analysis of the data showed that the number of erythrocytes was significantly higher in clinically healthy fish, but erythrocyte resistance was slightly increased in the blood of fish with inflammation of the swim bladder. The hematocrit was slightly higher in the blood of clinically healthy fish. The amount of hemoglobin was significantly higher in the blood of clinically healthy fish, which can be explained by the high oxygen content in the water. The volume of one erythrocyte was significantly higher in diseased fish. There is a slight decrease in the number of fish and the concentration of hemoglobin in one erythrocyte.

Based on the results obtained, it can be concluded that the occurrence of the disease significantly affects the hematological parameters of carp, which should be taken into account when diagnosing this disease. The test for micronuclei in recent years has gained widespread recognition in the study of applied mutagenesis, mainly due to the relatively simple preparation of drugs and their rapid analysis. Analysis of drugs from different series showed that the micronuclei in the erythrocytes of



peripheral blood of fish grown on the farm are found with different frequencies in sick and healthy fish. In clinically healthy biennials, the number of micronuclei in erythrocytes was $8.2 \pm 0.51\%$. An increase in micronuclei was observed in sick fish by 35.4%, respectively ($P < 0.001$). Thus, micronuclei are found in the erythrocytes of the blood of sick and healthy fish. However, in sick fish their number is much higher.

Of particular note is the analysis of the ratio of T lymphocytes to B cells and T helpers to T suppressors. In recent years, a number of studies in veterinary medicine have shown that information about the protective properties of the organism, its adaptation to specific conditions increases significantly, if, among other indicators in the blood to take into account the number of individual populations and subpopulations of lymphocytes, especially T- and B- cells. Experiments have shown that these cellular elements are central to the immune system. In particular, T-helpers are involved in recognizing the alienation of genetic information and promote the differentiation and proliferation of B-lymphocytes - the main producers of antibodies. T-suppressors, in contrast, inhibit immune responses and thus play a regulatory role in the body's defenses. Under normal conditions, there is a certain ratio of T-helpers to T-suppressors. With a decrease in the number of T-helpers, which is observed in humans and animals with immunodeficiency, the number of T-suppressors increases and the body's protective functions against infections decrease sharply. Therefore, to determine the body's ability to fight infection, it is important to control the normal parameters of these cells in the blood.

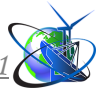
When studying the effect of phylometroidosis on the body of carp in experimental ponds, evaluated changes in T- and B-cell immunity of clinically healthy and infected fish. Changes in immunity were determined by the following indicators: T-active lymphocytes (TA), T-total lymphocytes (TE), T-helpers (Th), T-suppressors (Ts), B-lymphocytes. Analysis of the data shows a slight decrease in the number of T-active lymphocytes in the blood of the experimental group of fish by 15.76% ($P < 0.01$). The same downward trend was found for other indicators, namely T-total lymphocytes by 12.84% ($P < 0.01$). Significantly decreased indicators of T-helpers (by 17.70%), T-suppressors (by 35.31%) and the value of B-RUL of lymphocytes by 10.55% ($P < 0.05$).

Conclusion.

Based on the results obtained, it can be concluded that the occurrence of the disease significantly affects the hematological parameters of carp, which should be taken into account when diagnosing this disease. The test for micronuclei in recent years has gained widespread recognition in the study of applied mutagenesis, mainly due to the relatively simple preparation of drugs and their rapid analysis.

References

1. Beliba VG Parasitofauna of fish of natural and artificial reservoirs of the Kharkiv region // Veterinary medicine.- 2006. - № 86.- P. 30 - 39.
2. Vovk NI, Maistruk IA, Sidorenko MM, Maltsev VI Ichthyopathological situation in Shatsk lakes. // Scientific and practical conference with international participation: "Current issues of health of fish and other aquatic organisms" (Feodosia, May 26 - 29, 2008) .- Veterinary medicine. Interdepartmental thematic



scientific collection. - Kharkiv, 2008. - P.93 - 96.

3. Davydov ON, Temnikhanov Yu.D., Kurovskaya L.Ya. Control of parasites and diseases of aquatic animals: world experience (review of FAO and OIE recommendations). Preprint. - K.: Institute of Zoology. I.I. Schmalhausen National Academy of Sciences of Ukraine, 2006. - 38 p.

4. Temnikhanov YD, Neborachek MI Influence of ectoparasites on morphophysiological properties of silver crucian cells // Veterinary Medicine. Interdepartmental thematic scientific collection. - Kharkiv, 2008. - P. 434 - 438.

5. T.M. Prilipko NV Bukalova, NM Rich. Safety indicators of fresh-ripened commercial carp. Abstracts of the state scientific-practical conference "Ichthyology and morphology of fish - scientific and practical basis of aquaculture", dedicated to the 85th anniversary of the Department of Ichthyology and Zoology and the 60th anniversary of the professor, doctor of biological sciences. BNAU-2017.- P.72-756.

6. T.M. Prilipko, V.B. Kostash Productive and biochemical indicators of carp when grown in ponds of the Podilsky Tovtry National Nature Park. Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after SS Gzhytsky Volume 15, Issue 3-3- 2013.- P. 182-185.

7. Prilipko, T.M., Prilipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety // Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects» (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016).

Анотація. Наведені дані гематологічних показників риби за філометроїдозу. При проведенні паразитологічного дослідження на тілі риби виявляли припухлості, горбики, почервонілі ділянки, найжачення луски. У деяких лускових кишеньках та м'язевій тканині було виявлено гельмінтів рожевого кольору, довжиною 7-9 см. Статевозрілі нематоди частіше локалізувалися під лусочками навколо голови у хребтовій частині, на боках і черевці, інколи на зябрових кришках, рідше їх знаходили на хвостовій частині. Одержані дані свідчать про значні зміни гематологічних показників еритроїдного ряду крові хворих та здорових риб. Аналіз даних показав, що кількість еритроцитів була значно вища у клінічно здорових риб, проте резистентність еритроцитів була децю підвищена у крові риб, хворих філометроїдозом. Гематокритна величина була децю вищою у крові клінічно здорових риб. Встановлено незначне зниження кількості Т-активних лімфоцитів у крові риб уражених філометроїдозом на 15,76 % ($P < 0,01$). Таку ж тенденцію до зниження встановлено стосовно інших показників, а саме Т-загальних лімфоцитів на 12,84 % ($P < 0,01$). Вірогідно знижувалися показники Т-хелперів (на 17,70 %), Т-супресорів (на 35,31 %) та значення В-ПУЛ лімфоцитів на 10,55 % ($P < 0,05$).

Ключові слова. риба, філометроїдоз, кров, інвазії, водойма, діагноз, еритроцити, лейкоцити



УДК 664.64:664.785.8

RESEARCH OF IN VITRO DIGESTION OF OAT BREAD ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕТРАВЛЮВАНOSTІ ВІВСЯНОГО ХЛІБА В УМОВАХ IN VITRO

Sylchuk T.A. / Сильчук Т.А.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-8035-4957

Riznyk A.O. / Різник А.О.

PhD-student / PhD-студент

ORCID ID: 0000-0002-8980-5512

Tsyrunnikova V.V. / Цирульнікова В.В.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-1531-5016

National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601

Національний університет харчових технологій,

Київ, Володимирська 68, 01601

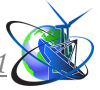
Анотація. В статті висвітлено результати отримані в ході досліджень перетравлюваності, біологічної та харчової цінності розроблених аглютинових хлібних виробів з використанням продукту переробки вівса. Досліджено, що вуглеводи хліба з вівсяного толокна перетравлюються повільніше у порівнянні з вуглеводами традиційного борошна, що свідчить про зниження вуглеводного навантаження на організм людини. Даний ефект досягається за рахунок дії вівсяного толокна, який характеризується більшою стійкістю до активності ферментів травної системи. Встановлено, що отримані вироби містять більшу кількість вітамінів та мінеральних речовин. Внесення до рецептури білку тваринного походження, дозволяє забезпечити отримання тістових систем з оптимальними структурно-механічними показниками та підвищити вміст білку у готових хлібних виробках. Узагальнення даних дозволяє прогнозувати швидкість процесу засвоєння та позитивний характер впливу на організм.

Ключові слова: безглютенові хлібні вироби, вівсяне толокно, вуглеводи, перетравлюваність.

Вступ.

Проблемою сьогодення являється відсутність на ринку якісного асортименту вітчизняних спеціалізованих продуктів для людей схильних до дії впливу глютену. З кожним роком чисельність осіб, які потребують безглютенової дієти збільшується одночасно зі збільшенням кількості нових виявлених форм чутливості та непереносимості глютену. Єдиним дієвим методом лікування захворювань даної групи є дієтотерапія з вилученням усіх глютенвмісних продуктів [1]. У випадку недотримання обмежень у харчуванні спершу проявляються порушення роботи органів кишково-шлункового тракту, подальше ігнорування лікування може призвести до інвалідності, а іноді навіть може мати летальні наслідки [2]. Люди залежні від впливу глютену, з метою забезпечення потреб у спеціалізованому харчуванні в умовах дефіциту вітчизняних аглютинових продуктів, в тому числі і хлібних виробів, змушені закуповувати товари закордонних виробників, для яких характерна підвищена вартість як для українського споживача.

Така незадовільна тенденція формує перед науковцями ряд завдань. В



першу чергу, це створення вітчизняних аглютонових хлібних виробів за доступною ціновою політикою та задовільними споживчими характеристиками.

Матеріал та методика дослідження.

Дослідження перетравлюваності вуглеводів хліба проводили методом, що ґрунтується на визначенні кількості редукуючих цукрів, які накопичуються в процесі гідролізу м'якушки хліба ферментами шлунково-кишкового тракту людини в умовах *in vitro* [3]. Для ферментолізу використовували комплексний препарат «Панзинорм», до складу якого входять амілази, протеази та ліпази. Тривалість гідролізу становила 3 год. З метою імітації умов травлення в організмі людини, перетравлюваність вуглеводів визначали за температури 37°C при послідовній зміні рН середовища: перші 1,5 год інкубацію проводили за рН - 1,2, після чого доводили значення рН до 8,2 та продовжували ферментацію ще 1,5 год. Проби для визначення вмісту редукуючих цукрів визначали йодометричним напівмікрометодом у перерахунку на глюкозу.

Ефективність засвоєння білків розроблених виробів визначали за швидкістю їх гідролізу ферментами шлунково-кишкового тракту (пепсину і трипсину) *in vitro* за методикою Покровського О.О. та Єртанова І.Д. Так, визначення перетравлюваності білків здійснювали в результаті послідовної дії на них пепсину у кислому середовищі шлунку (рН - 1,2...1,8), а потім трипсину та хімотрипсину у лужному середовищі тонкого кишечника (рН - 7,0...9,0) [3].

Результати досліджень.

В ході проведеного аналізу та досліджень нами було розроблено технологію хлібних виробів на основі продукту переробки вівса – толокна, та структуроутворюючої системи з поліпшувача ефективного загущувача гідроколоїдної дії – глюкано-дельта-лактону (ГДЛ), і високобілкової добавки тваринного походження – казеїну.

Так, отриманий аглютонових хліб характеризується високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості, масова частка білкових речовин у хлібних výroбах становила 10,2 % в перерахунку на СР. Решта поживних складових знаходяться в таких межах: для вуглеводи 55,1 %, жири 4 %, зола 0,97 %. Показник масової частки вологи досягає 52 % [4].

Відомим фактом являється важливість аналізу споживчих характеристик продуктів, які встановлюються за харчовою цінністю та фізіологічною дією на організм [2]. Таким чином, доречним є дослідження перетравлюваності основних макронутрієнтів розроблених хлібних виробів, а саме білків та вуглеводів. У хімічно-технологічному аналізі показники перетравлюваності визначали в умовах *in vitro*.

Досліджували три зразки хлібних виробів: хліб без внесення поліпшувачів (контроль), з використанням гідроколоїда (хліб «Вівсяний»), та з включенням підбіраної комбінації поліпшувачів (хліб «Вівсяний-покращений»).

У результаті проведених досліджень встановлено (рисунок 1), що швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів м'якушки розробленого вівсяного хліба є майже у 2 рази вищою порівняно з контрольним зразком. З рисунку 1 видно, що через 3 год гідролізу хліба «Вівсяного-покращеного» та «Вівсяного» накопичується 6,8 % та 6,1 % на СР редукуючих цукрів, тоді як в



контролі – 2,9 % на СР. Отримані дані, можна пояснити поглибленням гідролізу крохмалю в технологічному процесі виробництва хліба за рахунок використання вівсяного толокна. Продукти гідролізу хліба «Вівсяного-покращеного» значно легше піддаються розщепленню ферментами шлунково-кишкового тракту людини порівняно з крохмальними полісахаридами контрольного зразка.

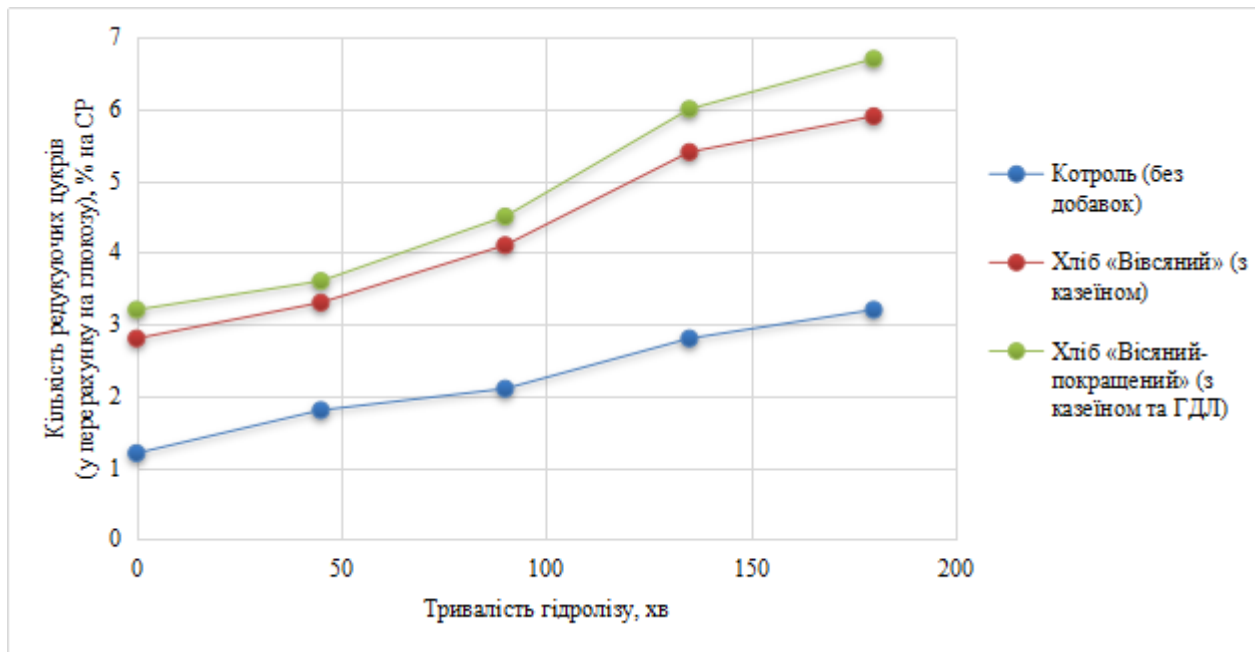


Рисунок 1 – Перетравлюваність вуглеводів розроблених зразків хліба

Як свідчить аналіз отриманих даних, накопичення редукуючих цукрів для розробленого хліба зростає після 90 хв гідролізу, що пояснюється створенням позитивних рН умов, при яких активізується перетравлювання крохмалю.

Ферментативний гідроліз вуглеводів у хлібі «Вівсяний» відбувається менш інтенсивно в порівнянні з хлібом «Вівсяний-покращений». Кількість накопичених редукуючих цукрів через 180 хв в даному зразку була меншою на 10,3 %. Це можна пояснити тим, що при приготуванні хліба «Вівсяний» в якості структуроутворювача використовується глюкано-дельта-лактон, завдяки його високим сорбційним властивостям проявляється здатність адсорбувати амілолітичні та протеолітичні ферменти, знижуючи інтенсивність ферментолізу в шлунково-кишковому тракті.

Встановлено (рисунок 2), що кількість накопичених вільних амінокислот під дією ферментів, як на пепсиновій, так і на трипсиновій стадії, найменша у контрольному зразку. Поясненням цього являється слабо розвинена пористість вівсяного хліба без застосування поліпшувачів та структуроутворювачів, внаслідок чого він гірше піддається дії травних ферментів та, відповідно уповільнюється процес засвоєння.

Покращення структурно-механічних властивостей м'якушки хліба «Вівсяного» та «Вівсяного-покращеного» у порівнянні з контролем сприяє підвищенню перетравлюваності білка під дією пепсину і трипсину. Так, за результатами визначення кількості азоту амінокислот, можна зробити висновок,



що перетравлюваність білкових речовин розроблених виробів більша у 3,1 та 2,8 разів на пепсиновій стадії та в 2,5 та 2,4 рази – на трипсиновій, відповідно для хліба «Вівсяного» та «Вівсяного-покращеного». Краще накопичення амінокислот на пепсиновій стадії, вірогідно, пов'язано з вищою початковою кислотністю тістових напівфабрикатів і, як наслідок, це зумовило інтенсифікацію денатурації білкових речовин.

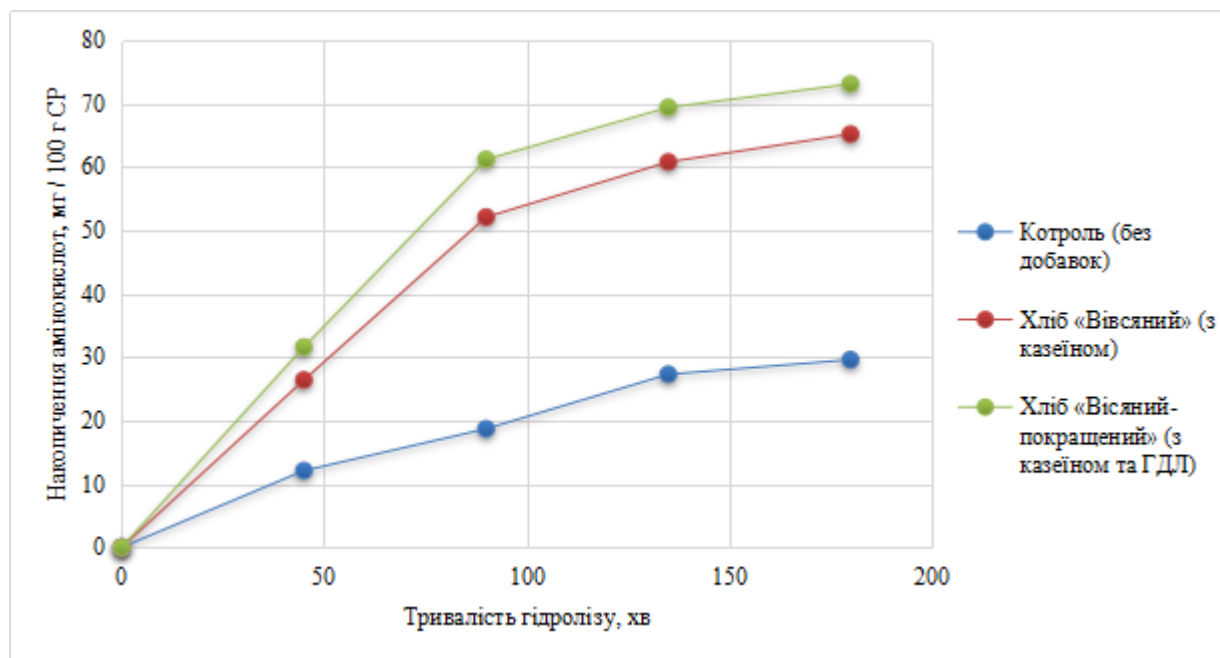


Рисунок 2 – Перетравлюваність білків розроблених зразків хліба

Аналіз даних свідчить про те, що кількість продуктів розщеплення білка хліба «Вівсяного-покращеного» є вищою на 10,2 % у зрівнянні з хлібом «Вівсяним». Це пов'язано з використанням в його технології в якості структуроутворюючого компонента, який відрізняється високою засвоюваністю.

Висновки.

Таким чином, у результаті визначення перетравлюваності в умовах *in vitro* вуглеводів та білків хліба з використанням досліджуваних поліпшувачів і сировини було виявлено тенденцію до підвищення її інтенсивності внаслідок зростання доступності цих біополімерів дії травних ферментів.

Література:

1. Барсукова Н.В., Решетников Д.А., Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Электронный научный журнал СПбГУНиПТ. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. - № 1.
2. Дуденко Н.Д. Основы фізіології харчування: підручник / Х. Торнадо, 2003. – 407 с.
3. Дробот В.І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навчальний посібник / К. НУХТ, 2015.– 902 с.



4. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyrlukova V., Zuiko V. Sorption properties of bread based on oatmeal. Ukrainian Food Journal. 2021. Vol. 10, Issue 2. P-361-374.

References:

1. Barsukova N.V., Reshetnikov D.A., Krasilnikov V.N. Food engineering: technology of gluten-free baked products / Electronic scientific journal Saint-Petersburg Institute of Commerce and Economics. Processes and devices of food production. 2011. № 1.
2. Dudenko N.D. Fundamentals of nutrition physiology: a textbook / Kharkiv. Tornado, 2003. 407 p.
3. Drobot V.I. Technochemical control of raw materials and bakery and pasta products: a textbook / K. NUFT, 2015. 902 p.
5. 4. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyrlukova V., Zuiko V. Sorption properties of bread based on oatmeal. Ukrainian Food Journal. 2021. Vol. 10, Issue 2. P-361-374.

Abstract. *The article highlights the results obtained during research on the digestibility, biological and nutritional value of developed gluten-free bread products using the product of oat processing. It was studied that the carbohydrates of oatmeal bread are digested more slowly in comparison with carbohydrates of traditional flour, which indicates a decrease in carbohydrate load on the body. This effect is achieved due to the action of oatmeal, which is characterized by greater resistance to the activity of digestive enzymes. It was found that the obtained products contain more vitamin complexes and minerals. The introduction of animal protein into the recipe allows to obtain dough with optimal structural and mechanical parameters and increase the protein content in finished bread products. Generalization of data allows to predict the speed of the assimilation process and the positive nature of the impact on the human body.*

Key words: *gluten-free bread products, oatmeal, carbohydrates, digestibility.*

Науковий керівник: д.т.н., проф. Сильчук Т.А.

Стаття надіслана: 13.12.2021 р.

© Різник А.О.



UDC 631.524.32 : 633.11 (477.41/.42)

PRODUCTION AND BIOLOGICAL EVALUATION OF WINTER WHEAT VARIETIES RECOMMENDED FOR GROWING IN THE FOREST-STEPPE ZONE**ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ****Voitsekhivskiy V., / Войцехівський В.***Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доцент***Kodola R. / Кодола Р.***student/ студент***Bashta O. / Башта О.***Ph.D., associate professor / к. б. н., доцент**National university of life and environmental sciences of Ukraine, Kiev***Poltoretskyi S. / Полторецький С.***d. a. s., professor / д. с.-г. н., професор**Uman national university of horticulture, Uman, Ukraine***Orlovskiy M. / Орловський М.***Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доцент**Head of the Western region Company «Dolina», Ukraine***Muliarchuk O. / Мулярчук О.***Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доцент**State agrarian and engineering university in Podolia, Ukraine***Balitska L. / Балицька Л.****Yushkevich M. / Юшкевич М.***Researchers / наукові співробітники,**Ukrainian institute for plant varieties examination, Kiev, Ukraine*

Abstract. Providing industry with high-tech raw materials is an important task of agriculture. Studies on the study of important economic and biological indicators of medium-grown wheat of different varieties conducted in industrial conditions found that the most valuable varieties in the set of studied indicators are Veselka and Zbruch. Conducted correlation analysis of the obtained data revealed a direct relationship between protein and gluten content, the regression equation was calculated.

Key words: grain, wheat winter, protein, gluten, variety, indexes.

One of the most important reasons for the agrarian policy of Ukraine is the development of high-growth grain. At the same time, Ukraine will enter the village of wheat grain in the world. Up to 20-25% of the grain in the country falls on the forest-steppe zone of Ukraine [2, 5, 6, 8, 10].

Today, the domestic and foreign markets for grain and bakery products have changed, and exports of grain and high-quality flour are growing. All this requires new varieties of wheat, resistant to diseases and pests and adverse abiotic factors of cultivation, with a wide range of grain quality indicators. In modern socio-economic conditions, selection and seed production are among the available and effective means of stabilizing the production of soft winter wheat. Some scientists believe that more than 50% of the achieved level of grain production is provided by the introduction of varieties of intensive type [1, 7, 12, 13, 15].

The increase in the production of food grain of soft winter wheat largely depends on the potential of the variety used. In recent years, the set of adverse factors affecting plant growth and development has increased. Effective cultivation includes taking into



account the problems of snowy and snowless winters, spring frosts, various droughts, diseases and more. Therefore, the task of testing and selection of varieties for a particular area with high and stable potential for productivity, grain quality and adaptive properties is currently relevant and of great practical importance. [4, 11].

The aim of the research was to identify the most valuable samples of winter wheat grown in the Forest-Steppe of Ukraine depending on the variety.

Materials and methods of research.

The experiments were conducted at the department of technology of storage, processing and standardization of crop products after name B.V Lesika NULES of Ukraine, Dolyna Company and the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. The most common varieties of medium-grown winter wheat were used for the study. The fertilizer system included a set of measures for the planned yield of 6 t / ha (using perennial research). Sampling, accounting, testing of products were carried out in accordance with current regulations, statistical data processing according to generally accepted methods [3, 9, 14].

Research results and their discussion.

We analyzed economic indicators of winter wheat grain of domestic selection recommended for effective cultivation in the Forest-Steppe zone of Ukraine. The average yield of the studied samples is 5,55 t / ha (fig. 1). In the same Ostysta (6, 22 t / ha) and Zbruch (5,95 t / ha) had the highest yields. Below average this indicator was at grades Veselka, Glibovchanka, Kolomak 5, Ukrainka Poltava and Kharkivska 105. Maximum deviation for productivity between the studied varieties was – 1,04 t.

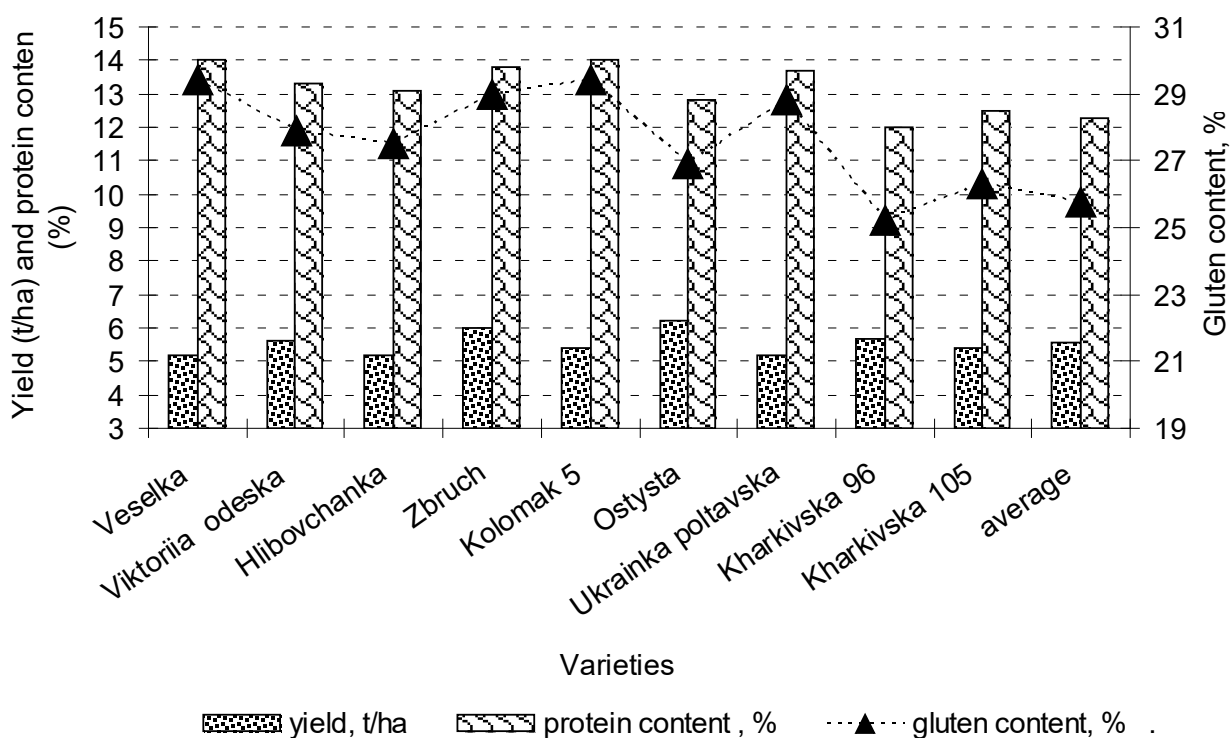


Figure 1 - Yield, gluten and protein content in the studied wheat varieties

For the production of quality bakery products, gluten content and its quality plays an important role. The average gluten content of the subjects samples is – 28%,



which corresponds to 1 quality class, according to the current standard. The highest content of gluten (above average) was noted varieties Kolomak 5 (29,4%) and Ukrainka Poltava (28,8%). Maximum the deviation between varieties according to this indicator is 4,2%. Gluten quality all samples were good.

The manufacturability of raw materials depends on the protein content. Average the concentration of protein in wheat grain of the studied varieties is – 13,34%, this indicator meets the requirements of class 2 of the current standard. More content protein was formed in the grain varieties Veselka, Kolomak 5, Ukrainka poltavska and Zbruch (above average). Low protein content of grain varieties Kharkivska 96, Kharkivska 105 and Ostysta (12,0-12,8%).

The rating included indicators such as winter hardiness, resistance to lodging, shedding, drought, powdery mildew, brown rust and fusarium wilt. The studied varieties have a fairly high winter hardiness (8,4-8,9 points), resistance to lodging (8,1-8,9), shedding (8,9-9,0), drought resistance (8,4- 8,9), resistance to powdery mildew, brown rust and fusarium wilt at the level of 9 points.

It is known that the formation of components of the chemical composition of grain and yields are interrelated, and according to the correlation calculation in analysis of samples revealed dependences of different strength. Yes, a straight line is installed relationship between gluten and protein content ($\eta_{yx} = 0,99 \pm 0,06$, $y = 2,0946x + 0,0806$) and the weak inverse between yield and formation of protein and gluten ($\eta_{yx} = 0,36 \pm 0,19$).

The calculation of the rating of each variety revealed a significant difference between samples (fig. 2). the most valuable varieties among the studied can be considered Veselka and Zbruch.

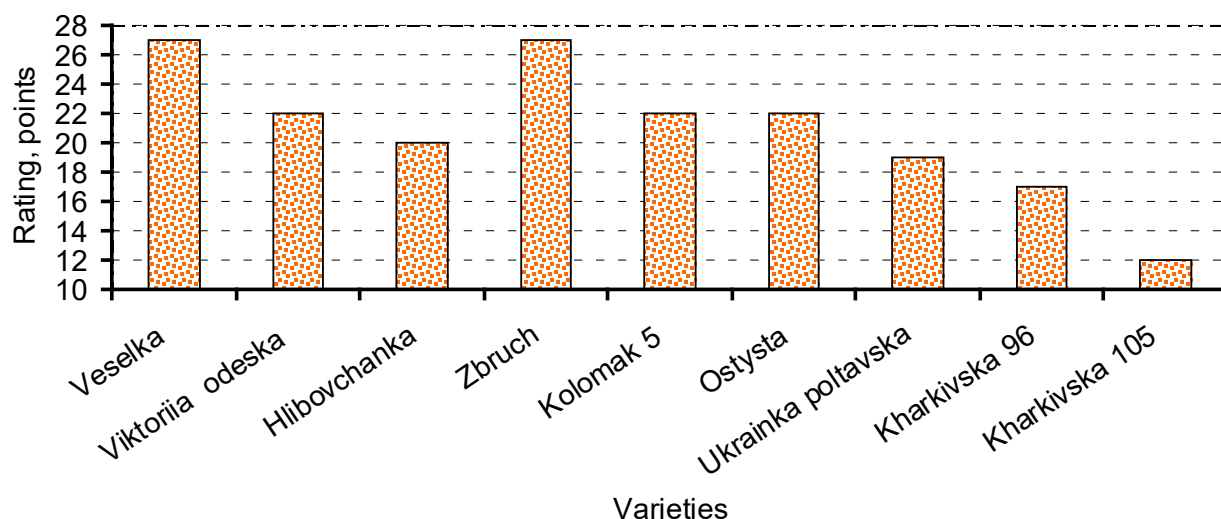


Figure. 2 - Rating of pre-harvest wheat varieties

Dispersion analysis of the influence of weather conditions of cultivation and variety on the studied indicators found that in most cases to a greater extent on their formation is influenced by varietal characteristics and less weather conditions cultivation and interaction of these factors.

Conclusions and suggestions.

Ukraine has extremely great potential and prospects for increasing the production



and export of quality grain wheat. A comprehensive analysis of economic and technological indicators of grain of medium-grown wheat recommended for cultivation in the steppe zone of Ukraine, showed that they have very different properties. Comprehensive assessment of the studied varieties allowed to identify the most valuable samples are Veselka and Zbruch. It is expedient to use the received data at planning the cultivation of quality wheat grain. In further research it is advisable to expand the list of varieties and the list of studied indicators and to deepen research on the impact of weather conditions, cultivation techniques and fertilizers for the formation of valuable economic indicators.

Bibliography:

1. Барышникова Н.И., Резниченко И.Ю., Вайскрובה Е.С. Разработка системы управления безопасностью на основе принципов ХАССП при производстве хлеба из пшеничной муки. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017. Vol. 47. № 4. С. 115-122.
2. Войцехівський В., Боровик В., Васківська С., Орловський М. Формування клейковини в зерні пшениці озимої вирощеної в умовах СТОВ «Придніпровський край». *International Scientific Periodical Journal "Modern Scientific Researches"*. 2019. №9. Р.29-33.
3. ДСТУ ISO 21415-1:2009 Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1: Визначення сирової клейковини ручним методом / Бобер А., Войцехівський В.І. та ін. Держспоживстандарт України. Київ. 2011. 15 с.
4. Дорожко Г.Р., Власова О.И., Шабалдасова О.Г., Зеленская Т.Г. Влияние длительного применения прямого посева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны. *Земледелие*. 2017. № 7. С. 7-11.
5. Орловський М.Й., Тимошук Т.М., Конопчук О.П., Войцехівський В.І. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність пшениці озимої в умовах західного Лісостепу України. *Scientific horizons*, 2019, № 11 (84). С. 77-85.
6. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Войцехівський В.І. Товарознавство продукції рослинництва. К.: Арістей. 2005. 256 с.
7. Попов С.И., Фурсова Г.К., Авраменко С.В., Леонов О.Ю. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від системи удобрення за різних погодних умов. *Вісн. ЦНЗАПВ Харківської області*. 2014. №17. Реж. дост: https://agromage.com/stat_id.php?id=1064.
8. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур. *Сельскохозяйственная биология*. 2016, Т. 51. С. 617-626.
9. Савчук Н.Т., Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., та ін. Технохімічний контроль продукції рослинництва. К.: Арістей, 2004. 230 с.
10. Тогагинська О.В., Паращенко І.В. Екологічна експертиза технологій вирощування пшениці озимої в умовах північного Лісостепу. *Вісн. ПДАА*. 2018. № 2. С. 40-44.
11. Шевченко Н.В., Лебедь Е.М., Пивовар Н.И. Сравнительная оценка минимальных технологий обработки почвы при выращивании озимой пшеницы в северной степи Украины. *Земледелие*. 2015. № 2. С. 20-21.



12. Bakaeva N.P., Saltykov O.L. Influence of elements of resource-saving technologies on indicators of grain quality of winter wheat. *Agro XXI*. 2007. 7-9. P. 42-49.

13. Faergemand J., Jespersen D. ISO 22000 to ensure integrity of food supply chain. *ISO Management Systems*. 2004, 9-10. P. 21-24.

14. Frans J., Tornly J.H.M. Mathematical models in agriculture. M.: Agropromizdat, 1987. 400 p.

15. Saltykova O.L. Bio-and agrochemical indicators in the technology of different levels of intensity of growing spring wheat Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial sector: proceedings of scientific papers, Kinel. *RIO SGHA*. 2018. 309-12.

Анотація. Забезпечення промисловості високотехнологічною сировиною важливе завдання сільського господарства. Дослідження з вивчення важливих господарсько-біологічних показників середньо рослої пшениці різних сортів проведені у виробничих умовах виявили, що найбільш цінними сортами за комплексом досліджуваних показників є *Veselka* and *Zbruch*. Поведений кореляційний аналіз отриманих даних виявив пряму залежність між вмістом білку і клейковини, розраховано рівняння регресії.

Ключові слова: зерно, пшениця озима, білок, клейковина, сорт, показники.

© Voitsekhivskyi V., Kodola R., Bashta O., Poltoretskyi S., Orlovskiy N., Muliarchuk O., Balitska L., Yushkevich M.



UDC 551.581:631.5(292.485)(477.4)

**THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL MEASURES ON GROWTH
SURVIVAL OF PLANTS OF WINTER INTERMEDIATE CROPS DURING
THE WINTER PERIOD****ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ НА ВИЖИВАНІСТЬ
РОСЛИН ОЗИМИХ ПРОМІЖНИХ КУЛЬТУР ВПРОДОВЖ ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ****Svystunova I. / Свистунова І.***Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доцент***Poshkrebnov V. / Пошкрєбнов В.***student / студент**National university of life and environmental sciences of Ukraine, Kyiv***Poltoretskyi S. / Полторєцький С.***d. a. s., professor / д. с.-г. н., професор**Uman national university of horticulture, Uman, Ukraine***Yaremchuk L. / Яремчук Л.****Lashuk S. / Лашук С.***researchers / наукові співробітники**Ukrainian institute for plant varieties examination, Kiev*

The results of research on the influence of elements on technology of growing of winter intermediate crops on accumulation of hydrogen-soluble carbohydrates in plants and their survival during the winter period are presented. It has been found that the most resistant varieties (AD 3/5, AD 44, Polisky 29, AD 52) accumulate as much water-soluble sugars as rye, which ensures their high competitiveness in terms of winter hardiness at all sowing dates. The maximum winter hardiness was observed for sowing 5-25,09 – 81,2-91,0%.

Key words: *triticale, winter intermediate crops, sowing period, variety, water-soluble sugars content, plant survival.*

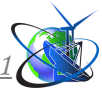
Introduction.

An important condition for the formation of high harvest of winter crops, regardless of their purpose, is the ability of plants to resist unfavorable winter conditions, which largely depends on the development of crops until the termination of vegetation in autumn, the effect of external factors and the internal state of the plant [2].

Winter plant resistance is caused by a special organization of the plant body, adapted to quite different than in the summer of vegetation conditions: Strong dewatering of cells and sharp reduction of metabolism intensity. The biological properties of the variety and the time of sowing are important factors that influence the stability of plants. The latter, determine age, conditions of vegetation and internal biochemical-physiological processes [1].

It is proved that the frost- and winter resistance of plants significantly depend on the physiologic and biochemical condition of the plant organism, which characterized by a complex of such indicators as the content of sugar, starch, structural and water-soluble proteins, lipoids, colloidal, osmotic-bound, free water and dry mass. However, the main energy substances to protect plants from the effects of low ambient temperatures and a number of other adverse factors of winter are carbohydrates [4].

According to the observations of Tumanov I.I. [5], the main amount of sugar in plants is accumulated during the first phase of the garnish, which takes place in the late autumn period at the average temperature of air about +5-0 °C and in optimum



lasts 2 weeks. Such thermal regime is insufficient for the intensive growth of plants and their consumption of plastic substances on growth processes, however, favorable for the process of photosynthesis, which results in accumulation of various forms of sugar, the protective mechanism of which consists in increasing stability of bioocoloids against coagulation at dewatering protoplasm and increasing concentration of cellular juice. And the total amount of sugar affects the winter resistance more than their different forms.

Opinions of many researchers differ significantly on the amount of sugar accumulation by plants of different sowing dates. Some believe that the largest number of them is accumulated by late sowing times, while others are accumulated by early sowing. In this aspect, the study of triticale, especially biological reaction of its varieties to conditions and level of accumulation and nature of consumption of sugar, represents a significant interest [3].

The purpose of the research is – to determine the influence of weather conditions and elements of technology of growing winter intermediate crops on accumulation of hydrogen-soluble carbohydrates in plants and their survival during the winter period.

Research materials and methods.

Field investigations were conducted under the conditions of the “Agronomic Research Station” of the NULES of Ukraine on the black earth of typical low-humus. Object of research: wheat Poliska 90 (control), rye Kyiv fodder (control) and triticale variety (AD 3/5, AD 44, ADM 9, Poliska 29 ADM 11 AD 52), sown in 5 calendar terms: August 25, 5, 15, 25 September and 5 October. Predecessor - corn for silage [6].

Research results and their discussion.

It was found that the ability of triticale plants to accumulate carbohydrates is determined by the degree of their development, the time of termination of active vegetation and hydrothermal conditions during the hardening period. According to the obtained results, crops for sowing in the period from September 5 to October 5 are marked by the maximum amount of synthesized water-soluble carbohydrates - 17.9-21.2% of dry matter, depending on the variety (tab. 1).

Plants of August sowing, in all years of research, have accumulated the smallest quantity of spare substances – (17,2-18,6%), which can be explained by considerable consumption of carbohydrates for respiration and growth processes of growing vegetative mass [5]. Due to the intensive growth of young plants and, consequently, the increased consumption of plastic substances, low carbohydrate content was observed in plants of the October sowing period - 17.3-18.7%.

Studies have shown that, as for rye and wheat, the synthesis of sugars in triticale plants is significantly affected by moisture conditions. Dehydration of tissues is important during the transition of plants to a state of forced rest, so excessive moisture content in them complicates the preparation of plants for winter conditions. We found that in years with excessive rainfall, plants of late sowing were particularly affected, which due to early winter and unfavorable conditions for early emergence, entered the winter in the phase of seedlings without a formed knot of tillering, and therefore insufficient the amount of assimilated plastic substances - in terms of varieties at the level of 14,6-15,2%.



Tab. 1 - The content of water-soluble carbohydrates (amount of sugars) in winter triticale plants, depending on the time of sowing and variety, %

Culture, variety	Sowing period				
	25.08.	5.09.	15.09.	25.09.	05.10.
During the termination of the autumn vegetation					
Rye (control)	18,4	19,3	21,1	20,6	18,7
Wheat (control)	16,7	17,5	19,1	18,4	16,6
AD 3/5	18,6	19,3	21,2	20,7	18,7
AD 44	18,4	19,1	20,9	20,4	18,7
ADM 9	17,4	18,0	19,8	19,3	17,5
Polisky 29	18,2	18,7	20,5	20,4	18,5
ADM 11	17,2	17,9	19,6	19,2	17,3
AD 52	17,8	18,4	20,6	20,3	18,4
During the restoration of spring vegetation					
Rye (control)	7,9	8,6	11,1	10,7	9,6
Wheat (control)	8,4	9,1	11,2	10,5	9,2
AD 3/5	7,9	8,8	11,1	10,8	9,7
AD 44	7,9	8,7	11,1	10,7	9,6
ADM 9	7,2	8,1	10,2	9,7	8,6
Polisky 29	7,8	8,5	10,9	10,4	9,5
ADM 11	7,4	8,2	10,5	9,9	8,8
AD 52	7,7	8,5	10,8	10,3	9,4

In the conditions of late termination of vegetation, gradual decrease in soil moisture and a long period of light in plants, the processes of photosynthesis were more active, as a result of which a significant amount of sugars accumulated.

On average, over the years of research, the highest intensity of sugar accumulation was characterized by grades AD 3/5, AD 44, Polisky 29 and AD 52.

However, the high content of sugars in plants at the beginning of winter does not always provide high winter resistance of crops - more important is the nature and economy of carbohydrate consumption during the winter and the content of these substances during spring regeneration [5].

At the end of winter, the highest content of carbohydrates is characteristic of plants obtained for sowing in the period from September 15 to October 5 – 8,6-11,1% of dry matter. Early-sowing plants contained significantly less sugar, which is associated with increased respiration of overgrown plants, the intensity of which increased during the winter thaw, which was especially characteristic of years with frequent thaws and, consequently, periodic restoration of plant vegetation.

Among the cultivars studied, significant losses of sugars during the winter period are characteristic of the cultivars ADM 9 and ADM 11, which may be due to the intensive development of their aboveground mass in the autumn. Sugar grades AD 3/5 and AD 44 were used most economically during the winter.

Resistance to adverse winter conditions is a genetic trait, the level of winter hardiness is largely determined by weather conditions during winter, preparedness of



the plant body to a state of forced rest and stressful winter conditions, which confirms the results of annual surveys of plant density after overwintering (tab. 2).

Tab 2 - Survival of winter triticale plants during the winter period depending on the sowing period and variety, %

Culture, variety	Sowing period				
	25.08.	5.09.	15.09.	25.09.	05.10.
Rye (control)	84,5	88,4	90,3	85,6	81,7
Wheat (control)	61,5	66,1	65,9	64,2	59,8
AD 3/5	83,9	89,2	91,0	86,4	81,2
AD 44	83,9	88,4	90,6	85,8	80,8
ADM 9	79,3	84,0	85,6	81,2	75,4
Polisky 29	82,1	87,0	88,2	84,3	79,6
ADM 11	79,2	84,4	85,5	81,6	75,3
AD 52	82,3	86,9	88,8	84,0	78,9

According to our observations, depending on the variation of the depth of the bush and the accumulation and intensity of carbohydrate consumption, plant density and stem density changed significantly – one of the main elements of crop productivity regardless of their purpose: grain or green fodder.

On average, over the years of observations, the most resistant to the complex of adverse conditions of the winter period were plants for sowing in the period from 5 to 25 September – the number of preserved plants of winter triticale was at the level of 81,2-91,0%. Significant liquefaction was observed in August crops - the survival rate for the winter did not exceed 79,2-83,9%. Moreover, in years with extreme weather conditions of the autumn-winter period in terms of winter hardiness triticale crops were at the level of rye or even exceeded it. Studies have also shown that depending on the weather conditions of autumn vegetation and winter, the optimal winter hardiness sowing dates may be shifted.

Among the studied varieties, high winter resistance was noted varieties AD 3/5, AD 44, Polisky 29 and AD 52, low - ADM 11 and ADM 9. The latter is characterized by a rapid reaction to temperature increase during the winter period, which considerably reduces its resistance, especially in the case of sharp cold.

Conclusions.

It is noted that the most stable winter resistance (AD 3/5, AD 44, Polisky 29, AD 52) accumulate water-soluble sugar as much as rye, as they provide their high competitiveness in terms of winter stability in all the terms of sowing. The maximum stability was marked by the sowing of 5,0-25,09 – 81,2-91,0%.

Bibliography:

1. Байєр Я., Буреш Р., Цоуфал В., Фабри А. та ін. Погода і урожай М.: ВО Агропромиздат. 1990. С. 332.
2. Моисейчик В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. Л.: Гидрометеониздат. 1975. 295 с.
3. Мусынов К.М. Осеннее развитие озимой пшеницы и его влияние на



перезимовку растений в условиях сухой степи Северного Казахстана. *Зерновое хозяйство*. 2005. № 3. С. 16-19.

4. Нетіс І.Т. Строки припинення осінньої вегетації та продуктивність озимої пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 9. С. 28-30.

5. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. М.: Наука, 1979. 350с.

6. Frans J., Tornly J.H.M. Mathematical models in agriculture. М.: Agropromizdat, 1987. 400 p.

Викладені результати досліджень щодо вивчення впливу технологічних прийомів вирощування озимих проміжних культур на ріст і розвиток рослин в осінній період. Встановлено, що зі зростанням тривалості осінньої вегетації зростали висота рослин, кількість вузлових коренів та маса сирової надземної маси. За сівби 5 жовтня рослини всіх культур та сортів тритикале значно відставали як у стадійному розвитку, так і за параметрами фітометричних показників. Найбільш доцільною є сівба озимих культур у період з 5 до 15 вересня.

Ключові слова: тритикале, жито, пшениця, строк сівби, сорт, висота рослин, вузлові корені, маса рослин.

© Svystunova I., Poshkrebnov V., Poltoretskyi S.,
Yaremchuk L., Lashuk S.



УДК :637.334.2

INFLUENCE OF BERRIES' ANTIOXIDANT ACTIVITY ON STORAGE OF CURD MASS WITH HIGH-FAT CONTENT**ВПЛИВ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ ЯГІД НА ЗБЕРІГАННЯ СИРКОВОЇ МАСИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ****Пшенична Т.В. / Pshenychna T.V.***Ph.D., asst. / к.т.н., асистент*

ORCID: 0000-0001-6439-3657

Грек О.В. / Grek O.V.*Ph.D., prof. / к.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-5713-374X

Шиманюк І.В. / Shimanyuk I.V.*master student / магістр**National University of Food Technology,**Kyiv, Volodymyrska, 68, 01033**Національний університет харчових технологій**Київ, вул. Володимирська, 68, 01033*

Анотація. Подовження термінів зберігання молочно-білкових продуктів є актуальним завданням, завдяки комбінуванню молочної та ягідної сировини, яка є джерелом поліфенольних сполук, в тому числі антоціанів, органічних кислот, вітаміну С, що мають антиоксидантний потенціал.

Встановлено, що використання концентратів білково-чорничних в якості основи для сиркової маси з підвищеним вмістом жиру знижує гідролітичне та окислювальне псування молочного жиру в 1,5-2,1 рази, продовжує мікробіологічну безпеку завдяки прояву антибактеріальних властивостей ягідної сировини та дозволяє збільшити термін зберігання сиркової маси до 5 діб.

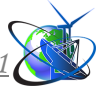
Ключові слова: антиоксиданти, пероксидне число, сиркова маса з підвищеним вмістом жиру, термін зберігання.

Вступ

Актуальним у молочній галузі є одночасне забезпечення традиційних способів виробництва при використанні сучасного обладнання та розробці інноваційних технологій високоякісних молочно-білкових продуктів з полікомпонентним складом. Подовження термінів зберігання вище зазначених продуктів є актуальним завданням, завдяки комбінуванню молочної та ягідної сировини, яка є джерелом поліфенольних сполук, в тому числі антоціанів, органічних кислот, вітаміну С, що мають антиоксидантний потенціал.

В останні десятиліття, в зв'язку з дедалі більшим прагненням людей до здорового харчування, спостерігається підвищення наукової і практичної зацікавленості до пошуку природних антиоксидантів і збагачених ними продуктів харчування [1].

Антиоксиданти широко використовуються в харчовій промисловості. Процеси окислення значно знижують якість продукції: руйнуються вітаміни, окислюється жир (в першу чергу ненасичені жирні кислоти), змінюється колір і стійкість продуктів. Щоб підвищити безпеку продуктів, що містять в своєму складі вітаміни і жири, вводять такі антиокислювачі як токоферолі (вітамін Е), бутілоксітолуол, додеціловий і пропіловий ефіри галоїдних кислот та ін. При



додаванні аскорбінової кислоти та токоферолу в продукти з підвищеним вмістом жиру досягається висока органолептична та фотоокислювальна стабільність порівняно із зразками, які не містять цих компонентів [2]. Вище зазначені сполуки здатні вступати в реакцію з вільними радикалами і, таким чином, обривати ланцюг окислення та продовжувати термін зберігання виробів.

Речовини-антиоксиданти мають бути природного походження, тобто не у вигляді відокремлених чистих речовин – біологічно активних добавок до їжі, а у вигляді збагачуючих добавок з природної сировини, в яких синергізм різних антиоксидантів підвищує їх антиокислювальні властивості [3].

Натуральні антиоксиданти стають заміною синтетичних аналогів і мають перевагу через сприятливу дію на здоров'я людини. Однак, асортимент продуктів з використанням природних антиоксидантів досить обмежений. Аналіз наукових досліджень і публікацій показав, що в даний час велика увага приділяється розробці молочно-білкових виробів з використанням ягідної сировини. Зацікавленість викликає здатність ягід та продуктів їх перероблення проявляти антиоксидантні властивості, завдяки вмісту в своєму складі біоантиоксидантів [4]. Зважаючи на високий вміст біологічно-активних речовин у ягідній сировині, при виробництві концентратів молочно-білкових її можна використовувати водночас як коагулянт білків молока, так і природні антиоксиданти.

Ягоди чорниці є сировиною для різних галузей харчової промисловості, з яких готують джеми, підварки, варення, соки, морси, екстракти, сиропи, та ін. Чорниця характеризується високим вмістом біологічно активних сполук, серед яких особливе місце займають поліфенольні сполуки. Основним пігментом ягід є антоціани, які, як відомо, виявляють антиоксидантні властивості. У ягодах чорниці виявлено найбільш широкий спектр антоціанів, вони побудовані з 3-О-галактозидів, 3-О-глюкозидів і 3-О-арабінозидів дельфінідину, цианідину, петунідину, пеонідину і мальвідину [5].

Основним компонентом для сиркових виробів є сир кисломолочний різної жирності з певною консистенцією та контрольованим показником масової частки води. Сиркові вироби користуються популярністю серед різних верств населення, тому доцільне збагачення їх шляхом заміни основи – сиру кисломолочного на концентрати білково-ягідні. Такий технологічний підхід не тільки покращить органолептичні властивості, але і забезпечить продукт вітамінами, харчовими волокнами, мінеральними речовинами. Використання натуральних рослинних компонентів з антиокислювальним ефектом дасть змогу отримати продукт без консервантів. Застосування білково-ягідної основи, що містить активні компоненти ягідної сировини, в складі рецептур сиркової маси з підвищеним вмістом жиру дасть змогу збільшити термін її придатності та відкоригувати органолептичні показники.

Мета роботи – дослідження впливу антиоксидантної активності ягід на зберігання полікомпонентної сиркової маси з підвищеним вмістом жиру виготовленої на основі концентратів білково-чорничних.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єкт дослідження – пероксидне та кислотне число, вміст спирту,



мікробіологічні показники полікомпонентної сиркової маси з підвищеним вмістом жиру.

Предмет дослідження – полікомпонентна сиркова маса з підвищеним вмістом жиру виготовлена на основі концентратів білково-чорничних, отриманих термокислотним осадженням білків молока із застосуванням в якості коагулянту – чорничної пасти.

Раніше авторами статті було визначено технологічні параметри виробництва концентратів білково-ягідних (КБЧ), що отримували термокислотним осадженням білків молока із застосуванням спеціально-обробленої чорничної пасти в якості коагулянту за класичних режимів – температура коагуляції $(75 \pm 2)^\circ\text{C}$ з витримкою 2 ± 1 хв. Оптимальна кількість внесення чорничної пасти ($\text{pH } 2,8 \pm 0,2$) становила $7 \pm 0,5$ %. [6]. Процес коагуляції встановлювали візуально за інтенсивним утворенням пластівців білка і виділенню сироватки. Отримані КБЧ формували і піддавали самопресуванню протягом (30 ± 2) хв. Пресування концентратів проводили до масової частки води для жирного – 55 %, напівжирного – 60 %.

З метою отримання концентратів різної жирності передбачено процес нормалізації, який у виробництві сиру кисломолочного проводять за масовою часткою жиру з урахуванням фактичної масової частки білка молока за загальноприйнятими формулами. Згідно розрахунку, для отримання концентратів білково-чорничних жирністю 18 % та 9 %, використовують нормалізовані суміші з масовими частками жиру 3,25 % та 1,5 % відповідно [7].

Запропоновано використання концентратів білково-чорничних в якості основного рецептурного компоненту у технології виготовлення полікомпонентної сиркової маси. Рецептури сиркової маси з підвищеним вмістом жиру наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Рецептури сиркової маси з підвищеним вмістом жиру, кг на 1000 кг продукту без урахування втрат

Сировина	Сиркова маса з масовою часткою жиру		
	26 %	23 %	Контрольний зразок (26 %)
Концентрат білково-чорничний з масовими частками: жиру – 18 %, води – 55 %	709,73	–	–
Концентрат білково-чорничний з масовими частками: жиру – 9 %, води – 65 %	–	663,69	–
Сир кисломолочний з масовими частками: жиру – 18 %, води – 63 %	–	–	741,60
Масло вершкове з масовими частками: жиру – 82,5 %, води – 16 %	160,24	206,31	117,60
Цукор-пісок (просіяний)	130,00	130,00	140,80
<i>Вихід</i>	1000	1000	1000



В якості контрольного зразка використовували сиркову масу з масовою часткою жиру 26 % на основі сиру кисломолочного з або без додаванням антиоксиданту штучного походження «GRINDOX 109» у кількості 0,05% згідно рекомендацій виробника. Вище зазначений антиоксидант є сумішшю антиокиснювальних речовин: бутилгідроксианізолу (Е-320) (10%), бутилгідрокситолуолу (Е-321) (10 %), пропілгаллату (Е 310) (6 %), лимонної кислоти з пропіленгліколем, харчового емульгатора і рапсової олії (68 %) в якості основи.

Пероксидне число характеризує кількість первинних продуктів окислення жирів – пероксидів та гідропероксидів, які може виділяти йод з водного розчину йодистого калію.

Пероксидне число (X), ммоль 1/2 О/кг, розраховували за формулою:

$$X = \frac{(V_1 - v) \cdot 0.00127 \cdot 100}{g} \quad (1)$$

де X – пероксидне число, ммоль 1/2 О/кг;

V_1 – кількість 0,01 н розчину тіосульфата, яке пішло на титрування при проведенні основного досліді із наважкою жиру, см³;

v – кількість 0,01 н розчину тіосульфата, яке пішло на титрування проби без жиру, см³;

g – наважка жиру, г;

0,00127 – кількість грамів йоду, еквівалентна 1 см³ 0,01 н розчину тіосульфата.

Кислотне число характеризує кількість вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру, виражається кількістю 0,1 н розчину КОН, необхідною для їхньої нейтралізації. Кислотне число розраховували множенням кількості 0,1 н розчину лугу, що пішло на нейтралізацію молочного жиру, на 2.

Визначення спирту в сирковій масі з підвищеним вмістом жиру проводили колориметричним методом, що полягає у вимірюванні забарвлених продуктів реакції окислювання спирту.

Мікробіологічний аналіз сиркової маси з підвищеним вмістом жиру включав визначення пліснявих грибів та дріжджів – по росту колоній на поживному середовищі Агар Сабуро.

Результати дослідження

Зміну якості сиркової маси з підвищеним вмістом жиру у процесі зберігання контролювали за вмістом продуктів окислення і гідролізу жиру. Пероксидне число характеризує вміст у жирі первинних продуктів окиснення – пероксидів і гідропероксидів, які майже не впливають на органолептичні показники продукту, але свідчать про суттєві зміни дослідного об'єкту. Таким чином, визначаючи накопичення пероксидних сполук під час зберігання сиркової маси, можна встановити її стійкість до окиснення задовго до зміни її органолептичних характеристик.

У зв'язку з цим було вивчено вплив антиоксидантів природного та штучного походження на кількісні характеристики псування жирової фази зразків сирної маси з підвищеним вмістом жиру в процесі зберігання за температури (20±2) °С та (4±2) °С. Результати досліджень впливу



антиоксидантів на зміну пероксидного числа сиркової маси під час зберігання наведено на рис. 1.

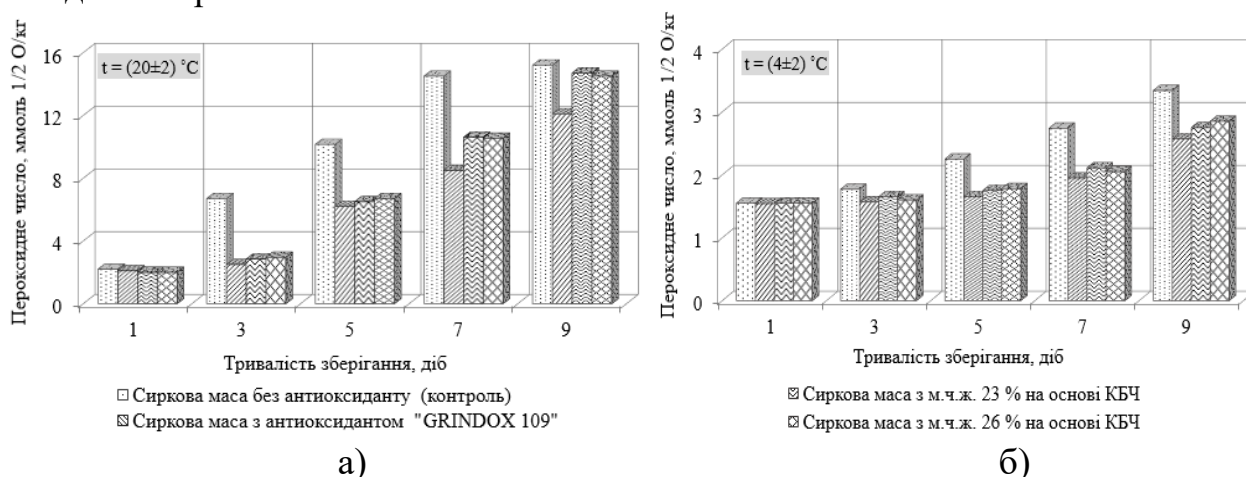


Рисунок 1 – Вплив антиоксидантів природного та штучного походження на зміну пероксидного числа сиркової маси з підвищеним вмістом жиру під час зберігання за різних температур: а) $t = (20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ та б) $t = (4 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Згідно результатів дослідження, процес автоокислення жирової основи сиркової маси за різних температур був неоднаковим. Суттєве збільшення пероксидного числа відбувається за температури $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Так, після трьох діб зберігання при даному режимі показник контрольного зразка зріс в 3 рази, тоді як для сиркової маси на основі КБЧ та сиркової маси з внесенням антиоксиданту штучного походження – в 1,25...1,5 рази. Ітенсивне накопичення пероксидів у сирковій масі з підвищеним вмістом жиру виявлено на 7 добу зберігання. Зокрема, пероксидне число сиркової маси без додавання антиоксиданту зросло в 6,5 рази, сиркової маси на основі КБЧ в 5,3 рази, з внесенням антиоксиданту штучного походження – у 4,6 рази. У контрольному зразку накопичення первинних продуктів окислення жирів досягло максимального значення 15,5 ммоль $1/2 \text{ O/kg}$ після 9 діб зберігання.

Накопичення гідропероксидів та речовин пероксидної природи, які утворюються при окисненні ненасичених жирних кислот, призводить до зростання пероксидного числа в кінці терміну зберігання. На дев'яту добу зберігання пероксидні числа сиркової маси знаходилися майже на одному рівні, і в цей період різниця між значеннями для контрольного зразку, і сирковою масою на основі КБЧ становила від 3,2 до 4,6 % відповідно (при зберіганні за температури $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$).

Отже, найвищу антиоксидантну активність під час зберігання сиркової маси з підвищеним вмістом жиру за температури $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ проявив антиоксидант штучного походження. Значення пероксидного числа для сиркової маси протягом 7 діб зберігання становить менше 10 ммоль $1/2 \text{ O/kg}$, що є гранично допустимою нормою згідно з вимогами нормативної документації. Для сиркової маси, що виготовлена на основі КБЧ пероксидне число не перевищувало гранично допустимого значення протягом 5 діб зберігання і корелювало в межах похибки з даним показником для сиркової маси з внесенням антиоксиданту штучного походження. Використання у



рецептурах сиркової маси концентратів білково-чорничних, що містять природні антиоксиданти сповільнило перебіг окиснювальних процесів порівняно з контрольним зразком.

В результаті гідролізу вивільняються вільні жирні кислоти, вміст яких характеризує кислотне число. Зміна кислотного числа сиркової маси з підвищеним вмістом жиру залежно від виду антиоксидантів під час зберігання за температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ та $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ представлена на рис. 2.

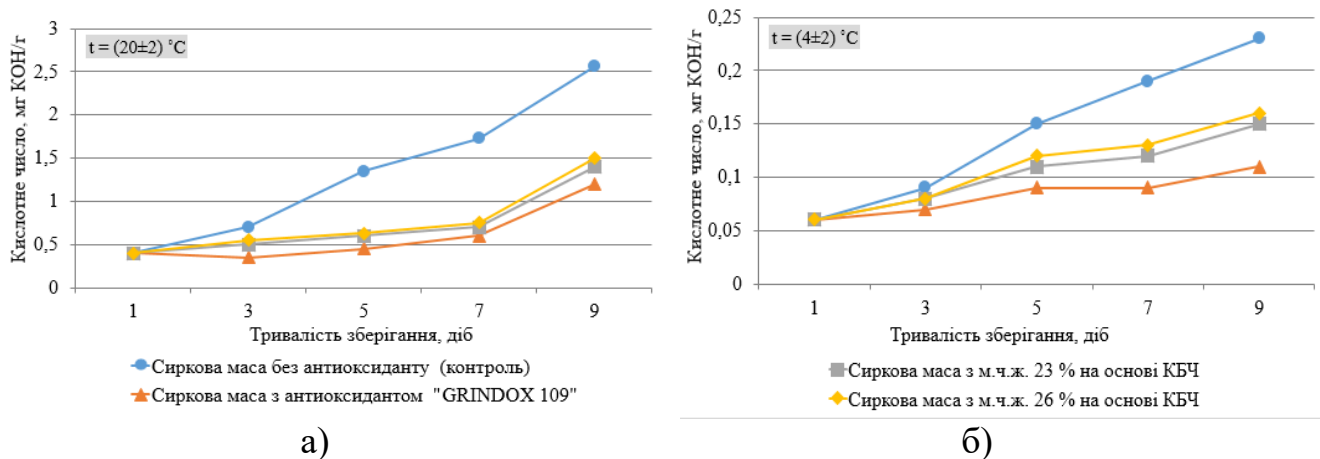


Рисунок 2 – Вплив антиоксидантів природного та штучного походження на зміну кислотного числа сиркової маси з підвищеним вмістом жиру під час зберігання за різних температур: а) $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ та б) $t = (4 \pm 2)^\circ\text{C}$

Згідно результатів досліджень (рис. 2 а), кількість вільних жирних кислот у сирковій масі після 2 діб зберігання за температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ була незначною, зі збільшенням тривалості зберігання сиркової маси кислотне число жирової основи поступово зростало, найбільш інтенсивно в контрольному зразку. Зростання кислотного числа на 5 добу зберігання за температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ помітне лише в сирковій масі без антиоксидантів – у 3,4 рази, тоді як у сирковій масі на основі КБЧ кількість вільних жирних кислот зросла в 1,6 рази. Подібне значення спостерігається в зразку сиркової маси з додаванням штучного антиоксиданту (підвищення кислотного числа в 1,13 рази). Після 9 діб зберігання значне збільшення величини кислотного числа було зафіксовано у зразках сиркової маси без антиоксидантів – в 6,5 разів.

Щодо зразків сиркової маси з підвищеним вмістом жиру, які зберігались за температури $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ (рис. 2 б), спостерігається аналогічна тенденція до збільшення кислотного числа, однак за рахунок нижчої температури динаміка зростання даного показника повільна. Так, виявлено найбільшу кількість вільних жирних кислот в контрольному зразку – сирковій масі без антиоксидантів – на 9 добу 0,23 мг КОН/г. В зразках сиркової маси на основі КБЧ та з додаванням антиоксиданту штучного походження спостерігаються нижчі значення кислотного числа, порівняно з контрольним зразком і знаходяться на рівні 0,16 та 0,11 мг КОН/г відповідно.

Аналізуючи динаміку зміни значень показників пероксидного та кислотного чисел модельних зразків сиркової маси з підвищеним вмістом жиру на основі КБЧ у процесі зберігання, встановлено стабілізуючу дію



використовуваної білкової-ягідної основи на процес окисного псування жирової фази продукту. Отримані під час дослідження результати можуть бути використані для зберігання сиркових виробів з підвищеним вмістом жиру за стандартних режимів.

Традиційним рецептурним компонентом в технології сиркових виробів є цукор, який вноситься у кількості 5 % для маси та 10 % для десертів. Цукор може зброджуватися дріжджами з утворенням етилового спирту і призводити до вади спиртовий смак та запах, надмірне газоутворення. В зв'язку з цим було проаналізовано динаміку накопичення спирту в сирковій масі з підвищеним вмістом жиру на основі КБЧ за температури зберігання (4 ± 2) (рис. 3).



Рисунок 3 – Динаміка накопичення спирту в сирковій масі з підвищеним вмістом жиру протягом 120 год

Аналіз отриманих даних показав, що застосування спеціально обробленої чорничної пасти в якості коагулянту для отримання основи сиркової маси – концентратів білково-чорничних, пригнічує розвиток дріжджів, про що свідчить менш інтенсивне накопичення спирту в готовому продукті. Ефект пригнічення розвитку дріжджів пов'язаний з наявністю у чорничній пасті фітонцидів, що мають антибактеріальні властивості та проявляють антиоксидантну активність, а також зменшенням кількості вільної вологи, необхідної для розвитку мікроорганізмів. Спирт на органолептичному рівні відчувається при концентрації більше 0,2 %. Так у сирковій масі, на основі концентратів білково-чорничних, що зберігалася протягом 120 год за температури (4 ± 2) °C такого відчуття не виявлено.

У зв'язку з тим, що терміни зберігання сиркової маси визначаються мікробіологічними показниками, було вивчено антибактеріальну активність концентратів білково-чорничних – основи сиркової маси. Результати досліджень представлені в табл 2. Аналізуючи динаміку та кількісні зміни чисельності пліснявих грибів та дріжджів модельних зразків сиркової маси у процесі зберігання протягом 5 діб, необхідно зазначити, що величина досліджуваних мікробіологічних показників протягом всього терміну досліджень була значно нижчою, ніж у контрольному зразку.



Таблиця 2 - Зміна кількості пліснявих грибів та дріжджів у сирковій масі протягом терміну зберігання

Термін зберігання, діб	Кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту		Кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту	
	Сиркова маса на основі КБЧ	Сиркова маса (контроль)	Сиркова маса на основі КБЧ	Сиркова маса (контроль)
1	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
2	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
3	Не виявлено	$2,8 \cdot 10^2$	Не виявлено	$6,3 \cdot 10^2$
4	15	$1,7 \cdot 10^3$	25	$2,1 \cdot 10^3$
5	43	$4,5 \cdot 10^3$	74	$7,5 \cdot 10^3$

На 5 добу зберігання сиркової маси на основі КБЧ показники вмісту пліснявих грибів та дріжджів не перевищували нормативних значень даних показників для сиркових виробів згідно ДСТУ 4503:2005 (кількість пліснявих грибів в 1 г продукту, КУО, не більше ніж – 50, кількість дріжджів в 1 г продукту, КУО, не більше – 100). Ймовірно, це обумовлено здатністю ягідної сировини, що використовується при виробництві КБЧ, як антиоксиданту, перехоплювати вільні радикали кисню та створювати несприятливі умови для розвитку даних мікроорганізмів, що очевидно у дослідному зразку протягом 3 діб зберігання.

Чисельність пліснявих грибів та дріжджів на 3 добу зберігання у контрольному зразку перевищила нормативні значення, отже, мікробіологічна безпечність сиркової маси перебувала в межах норми лише протягом терміну придатності продукції, встановленого вимогами ДСТУ. Як видно з таблиці 2, зростання патогенної мікрофлори у сирковій масі на основі КБЧ розпочинається після трьох діб зберігання, при цьому кількість ідентифікованих колоній мікроорганізмів на два порядки менше, ніж у контрольному зразку. Наявність у сирковій масі на основі КБЧ природних антиоксидантів сприяло призупиненню росту та розвитку мікроорганізмів, оскільки в дослідному зразку кількість пліснявих грибів та дріжджів залишалася в межах норми протягом 5 діб зберігання у охолоджену стані.

Висновки

Результати комплексної оцінки якості модельних зразків при зберіганні дозволили встановити, що використання концентратів білково-чорничних у рецептурах сиркової маси знижує гідролітичне та окислювальне псування молочного жиру в 1,5-2,1 рази, продовжує мікробіологічну безпечність завдяки прояву антибактеріальних властивостей ягідної сировини, що використовувалася в якості коагулянту білків молока та дозволяє збільшити термін зберігання сиркової маси до 5 діб.

Встановлено, що у сирковій масі з підвищеним вмістом жиру антиоксиданти природного походження виконують ряд функцій, включаючи антиокислювальну, антимікробну, а також консервуючу в процесі технологічної обробки та дозволяють зберегти природне забарвлення протягом



зберігання.

Література:

1. Subcritical water extraction of antioxidant compounds from seabuckthorn (*Hippophae Rhamnoides*) leaves for the comparative evaluation of antioxidant activity / M.S.Y. Kumar, R. Dutta, D. Prasad, K. Misra // Food Chemistry. – 2011. – Vol. 127. – Is. 3. – P. 1309-1316. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.01.088.
2. Синергические взаимодействия антиоксидантов в жировых продуктах / В.А. Саркисян, Е.А. Смирнова, А.А. Кочеткова, В.В. Бессонов // Пищевая промышленность. – 2013. – № 4. – С. 14-17.
3. Antioxidant and anti-platelet properties of milk from goat, donkey and cow: An invitro, exvivo and invivo study / Y. Simos, A. Metsios, I. Verginadis, A. Alessandro et al. // International Dairy Journal. – 2011. – Vol. 21. – № 11. – P. 901-906.
4. Добриян Е.И. Антиоксидантная система молока / Е.И. Добриян // Вестник ВГУИТ. – 2020. – Т. 82. – №. 2. – С. 101-106.
5. Ходаков И.В. Применение вина Каберне-Совиньон для определения идентификационных характеристик 3-О-глюкозидов антоцианидинов при анализе состава антоцианов в пасте из ягод черники / И.В. Ходаков // Химия растительного сырья. – 2014. – № 2. – С. 147-154.
6. Grek, O. Rationalization of the parameters of milk proteins' thermo acid coagulation by berry coagulants / O. Grek, O. Onopriichuk, T. Pshenychna // Food and Environment Safety, Volume XVI, Issue 1 – 2017, pag. 47 – 53.
7. Fat effect of standardized milk on qualimetric indicators of protein-blueberry concentrates / O. Grek, T. Pshenychna, S. Tsygankov, O. Savchenko, O. Ochkolyas // Journal of Hygienic Engineering and Design. – 2020. – Vol. 32. – pp. 17-22.

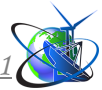
Abstract. Extending the storage period of milk-protein products is an urgent task due to the combination of dairy and berry raw materials, that are a source of polyphenolic compounds, including anthocyanins, organic acids, vitamin C, which have antioxidant potential.

It has been established that the use of protein-blueberry concentrates as a basis for curd mass with high-fat content reduces hydrolytic and oxidative spoilage of milk fat by 1.5-2.1 times, continues microbiological safety due to the antibacterial properties of berry raw materials, and allows to increase the storage period of curd mass up to 5 days.

Key words: antioxidants, peroxide number, curd mass with high-fat content, storage period.

Стаття відправлена: 17.12.2021 г.

© Пшенична Т.В., Грек О.В., Шиманюк І.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. Shevcheko 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
Vojtechovskij 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

**CONTENTS****Mechanical engineering and machinery****Машиностроение и машиноведение**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-005> 6

FEATURES OF CHIP FORMATION MECHANISM, MORPHOLOGICAL
AND STRUCTURAL PROPERTIES OF SHAVINGS AND POWDER
FROM ALUMINUM BRONZE

Morozov A.S./Морозов А.С.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-045> 13

APPLICATION OF WEAR-RESISTANT COATINGS TO INCREASE
RESOURCE OF WORKING BODIES OF GRINDING MACHINES

*НАНЕСЕННЯМ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН*

Paladiychuk Yu. B. / Паладійчук Ю. Б., Telyatnik I. A. / Телятник І. А.

Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation**Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и
системы**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-078> 31

ISSUES OF IMPROVING THE AIR-GAS CONTROL QUALITY
AT COAL ENTERPRISES OF UKRAINE

*ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АЕРОГАЗОВОГО КОНТРОЛЮ НА
ВУГІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ*

Smirnov A. M. / Смірнов А. М., Mineev S. P / Мінеєв С.П.

Motronenko D.V. / Мотроненко Д.В., Makarenko R.V./Макаренко Р.В.

Telecommunication**Радиотехника и связь**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-040> 45

COMPARATIVE ANALYSIS OF MANYPARAMETRIC
NYQUIST SIGNALS

*СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ
СИГНАЛОВ НАЙКВИСТА*

Sukachov E. A./ Сукачев Э. А., Bykov R. G./ Быков Р. Г.

**Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering****Енергетика**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-015>

49

**PROSPECTS OF USE OF SULFUR CLEANING PLANTS ON
LARGE POWER PLANTS***ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СІРКООЧИСНИХ УСТАНОВОК
НА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ**Sheleshei T.V. / Шелешей Т.В., Bednarska I.S. / Беднарська І.С.**Mayer L. / Майєр Л., Piatachuk V. S./ П'ятачук В.С.*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-024>

56

**DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF ENERGY SAVING
TECHNOLOGIES INTO THE MUNICIPAL SECTOR IN ORDER
TO INCREASE THE LEVEL OF ENERGY EFFICIENCY***РОЗРОБКА ТА ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У
КОМУНАЛЬНИЙ СЕКТОР З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**Hlushchenko O.L. / Глущенко О.Л., Rybalchenko R.A. / Рибальченко Р.А.***Mining engineering. Metallurgy****Металлургия и материаловедение**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-010>

60

**THE INFLUENCE OF SPATIAL POSITION ON THE FORMATION OF
DEFECTS IN LASER WELDING***ВПЛИВ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ НА УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПРИ
ЛАЗЕРНОМУ ЗВАРЮВАННІ**Bernatskyi A.V./Бернацький А.В., Lukashenko V.A./Лукашенко В.А., Siora O.V./Сіора О.В.,
Sokolovskyi M.V./Соколовський М.В., Shamsutdinova N.O. / Шамсутдінова Н.О.*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-034>

68

**ADSORPTION EQUILIBRIUM OF WATER VAPOR DURING PAPER
ACCLIMATIZATION***АДСОРБЦІЙНА РІВНОВАГА ВОДЯНИХ ПАРІВ ПРИ АКЛІМАТИЗАЦІЇ ПАПЕРУ**Babanska L.O. / Бабанська Л.О., Morozov A.S. / Морозов А.С.*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-051>

74

COMPOSITE BASED ON A SYSTEM OF COPOLYMER - ZEOLITE*Liubov Melnyk, Yevpak Victoria*

**Animal products. Cereals and grain. Milling industry****Технология продовольственных продуктов**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-011>

79

STATE CONTROL, MEDICAL-BIOLOGICAL, TECHNOLOGICAL ASSESSMENT OF GMO FOOD PRODUCTS*ДЕРЖАВНИЙ КОНТРОЛЬ, МЕДИКО-БІОЛОГІЧНА, ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗА ГМО ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**Prylipko T.M. / Приліпко Т.М., Bukalova N. V. / Букалова Н.В.**Bogatko N. M. / Богатко Н. М.*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-049>

85

PROSPECTS OF IMPLEMENTATION OF ADDITIONAL CULINARY PRODUCTS TECHNOLOGIES IN HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS*ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ**Razkevych V. / Разкевич В.Ю., Pushka O. / Пушка О.С.**Miroshnik Yu. / Мирошник Ю. А.*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-060>

92

HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF PARASITOLOGICAL EXAMINATION OF FISH*ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПАРАЗИТОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РИБИ**Prylipko T.M. / Приліпко Т.М., Bukalova N. V. / Букалова Н.В.**Lyasota V.P. / Лясота В.П.*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-065>

97

RESEARCH OF IN VITRO DIGESTION OF OAT BREAD*ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕТРАВЛЮВАНOSTІ ВІВСЯНОГО ХЛІБА В УМОВАХ IN VITRO**Sylchuk T.A. / Сильчук Т.А., Riznyk A.O. / Різник А.О.**Tsyurulnikova V.V. / Цирульнікова В.В.*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-072>

102

PRODUCTION AND BIOLOGICAL EVALUATION OF WINTER WHEAT VARIETIES RECOMMENDED FOR GROWING IN THE FOREST-STEPPE ZONE*ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ**Voitsekhivskiy V. / Войцехівський В., Kodola R. / Кодола Р.**Bashta O. / Башта О., Poltoretskyi S. / Полторецький С.**Orlovskiy M. / Орловський М., Muliarchuk O. / Мулярчук О.**Balitska L. / Балицька Л., Yushkevich M. / Юшкевич М.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-073>

107

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL MEASURES ON GROWTH
SURVIVAL OF PLANTS OF WINTER INTERMEDIATE CROPS DURING THE
WINTER PERIOD

*ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ НА ВИЖИВАНІСТЬ РОСЛИН
ОЗИМИХ ПРОМІЖНИХ КУЛЬТУР ВПРОДОВЖ ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ*

Systunova I. / Свистунова І., Poshkrebnov V. / Пошкребньов В.

Poltoretskyi S. / Полторецький С., Yaremchuk L. / Яремчук Л.

Lashuk S. / Лащук С.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit18-01-076>

112

INFLUENCE OF BERRIES' ANTIOXIDANT ACTIVITY
ON STORAGE OF CURD MASS WITH HIGH-FAT CONTENT

*ВПЛИВ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ ЯГІД НА ЗБЕРІГАННЯ
СИРКОВОЇ МАСИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ*

Пшенична Т.В. / Pshenychna T.V., Грек О.В. / Grek O.V.,

Шиманюк І.В. / Shimanyuk I.V.



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 95.33)

Issue №18
Part 1
December 2021

Development of the original layout - Sergeieva&Co
Articles published in the author's edition

Signed: December 30, 2021

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de



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





www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de