



ISSUE №14

Part №1



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 84.35)



MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Issue №14
Part 1
November 2020

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

ISSN 2567-5273
DOI 10.30890/2567-5273

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

Editorial board: More than 190 doctors of science. Full list on pages 4

UDC 08
LBC 94
DOI: 10.30890/2567-5273.2020-14-01

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

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

Copyright
© Authors, 2020



About the journal

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

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

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

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

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

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

Sections of the Journal:

Library of Congress Classification Outline	Sections
Subclass TJ / 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 / TLI-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 Polya 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
- Antrapeva Nadezhda Mihajlovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
- Ahmadiev Gabdulhat Malikovich, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazan (Volga) Federal University, Russia
- Bazheva Rima Chamalovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H M Berbekov, Russia
- Batyrgareeva Vladislava Stanislavovna, Doctor of Law, Research Institute for the Study of Crime Problems named after academician V V Stashisa NAPRN of Ukraine, Ukraine
- Bezdenzhnyh Tatyana Ivanovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, St Petersburg State University of Economics, Russia
- Blatov Igor Anatolevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Russia
- Burda Aleksey Grigorevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University, Russia
- Buharina Irina Leonidovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Udmurt State University, Russia
- Bushueva Inna Vladimirovna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Zaporizhzhya State Medical University, Ukraine
- Bykov Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Railway Engineering, Russia
- Velichko Stepan Petrovich, Doctor of Education, Professor, Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vinnichenko, Ukraine
- Vizir Vadim Anatolevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Zaporizhzhya State Medical University, Ukraine
- Vozhegova Raisa Anatolevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
- Volgrieva Galina Pavlovna, Candidate of Historical Sciences, assistant professor, Perm State University, Russia
- Voloh Dmitriy Stepanovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, A A National Medical University Pilgrim, Ukraine
- Vorozhitova Aleksandra Anatolevna, Doctor of Philology, Professor, Sochi State University, Russia
- Gavrilenko Nataliya Nikolaevna, Doctor of Education, assistant professor, Peoples' Friendship University of Russia, Russia
- Georgievskij Gennadiy Viktorovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, senior scientific employee, SE "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicines", Ukraine
- Getman Anatolij Pavlovich, Doctor of Law, Professor, National Law University named after Yaroslav the Wise, Ukraine
- Gilev Gennadiy Andreevich, Doctor of Education, Professor, Moscow State Industrial University, Russia
- Goncharuk Sergej Mironovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
- Granovskaya Lyudmila Nikolaevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kherson State Agrarian University, Ukraine
- Grebneva Nadezhda Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
- Grizodub Aleksandr Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, SE "Ukrainian Scientific Center for the Quality of Medicines", Ukraine
- 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
- Dorohina Elena Yurevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, G V Russian University of Economics Plekhanova, Russia
- Ermagambet Bolat Toleuhanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Coal Chemistry and Technology LLP, Kazakhstan
- Zhovtonog Olga Igorevna, Doctor of Agricultural Sciences, Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS, Ukraine
- Zaharov Oleg Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University, Russia
- Zubkov Ruslan Sergeevich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Nikolaev Interregional Institute for Human Development of the Higher Educational Institution "University of Ukraine", Ukraine
- Irzhil Hlahula, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, FLKR - T Bati University, Zlin, Czech
- Kalajda Vladimir Timofeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tomsk State University, Russia
- Kalenik Tatyana Kuzminichna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Russia
- Kantarovich Yu L, Ph D in History of Arts, Odessa National Music Academy, Ukraine
- Kapitanov Vasilij Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- Karpova Nataliya Konstantinovna, Doctor of Education, Professor, South Federal University, Russia
- Kafarskij Vladimir Ivanovich, Doctor of Law, Professor, Director of Science Center of Ukrainian Constitutionalism, Ukraine
- Kirillova Elena Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- Kirichenko Aleksandr Anatolevich, Doctor of Law, Professor, Ukraine
- Klimova Natalya Vladimirovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University, Russia
- Knyazeva Olga Aleksandrovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Bashkir State Medical University, Russia
- Kovalenko Elena Mihajlovna, doctor of philosophical science, Professor, South Federal University, Russia
- Kovalenko Petr Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
- Kokebaeva Gulzhauhar Kakenovna, Doctor of Historical Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan
- Kondratov Dmitriy Vyacheslavovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Russia
- Kopej Bogdan Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, 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 Toraiyrovna, Kazakhstan
- Kurmaev Petr Yurevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychyna, Ukraine
- Kuhar Elena Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Kazakh Agro Technical University S Seifullina, Kazakhstan
- Lapkina Inna Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
- 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
- Lomoto Denis Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine
- Lytkina Larisa Vladimirovna, Doctor of Philology, assistant professor, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Russia
- Lyalkina Galina Borisovna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Perm National Research Polytechnic University, Russia
- Majdanuk Irina Zinovievna, doctor of philosophical science, assistant professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
- Makarova Irina Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan (Volga) Federal University, Russia
- Maksin Viktor Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
- Malahov A V, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Ukraine
- Malcheva 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, Byisk Technological Institute (branch) "Altai State Technical University named after I I Polzunova", head of the department of business economics, Russia
- Mishenina Tatyana Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine
- Mogilevskaya I M, candidate of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
- Moisejkina Lyudmila Guhaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kalmyk State University, Russia
- Morozov Aleksey Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kherson State Agrarian University, Ukraine
- Morozova Tatyana Yurevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Instrument Engineering and Computer Science, Russia
- Nefedeva Elena Eduardovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Volgograd State Technical University, Russia
- Nikolaeva Alla Dmitrievna, Doctor of Education, Professor, Northeast Federal University named after M K Ammosova, Russia
- Orlov Nikolaj Mihajlovich, Doctor of Science in Public Administration, assistant professor, Academy of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Department of Operational Conquest of the BB, Ukraine
- Otepova Gulgira 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 Vasilevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Nizhny Novgorod State Technical University R E Alekseeva, Russia
- Pershin Vladimir Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tambov State Technical University, Russia
- Piganov Mihail Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Samara State Aerospace University named after academician S P Queen, Russia
- Polyakov Andrej Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnitsa National Technical University, Ukraine
- Popov Viktor Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University, Russia
- Popova Taisiya Georgievna, Doctor of Philology, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Russia
- Rastrygina Alla Nikolaevna, Doctor of Education, Professor, Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vinnichenko, I Shevchenko, Kropyvnytskyi, Ukraine
- Rebezov Maksim Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia
- Reznikov Andrej Valentinovich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Moscow State 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
 Saveleva Nelli Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Sochi State University, Russia
 Safarov Artur Mahmudovich, Doctor of Philology, Senior Lecturer, Russia
 Svetlov Viktor Aleksandrovich, doctor of philosophical science, Professor, Petersburg State University of Railway Engineering, Russia
 Semencov Georgij Nikiforovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
 Sentyabrev Nikolaj Nikolaevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Academy of Physical Culture, Russia
 Sidorovich Marina Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Kherson State University, Ukraine
 Sirota Naum Mihajlovich, Doctor of Political Science, Professor, State University of Aerospace Instrumentation, Russia
 Smirnov Evgenij Ivanovich, Doctor of Education, Professor, Yaroslavl State Pedagogical University named after K D Ushinsky, Russia
 Sokolova Nadezhda Gennadevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Izhevsk State Technical University, Russia
 Starodubcev Vladimir Mihajlovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 Stegnij Vasilij Nikolaevich, Doctor of Sociology, Professor, Perm National Research Polytechnic University, Russia
 Stepenko Valerij Efremovich, Doctor of Law, assistant professor, Pacific State University, Russia
 Stoypec Olesandr Vasilovich, Doctor of Philosophy, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
 Stoypec Vasil Grigorovich, Candidate of Philology, assistant professor, Odessa National Maritime University, Ukraine
 Strelcova Elena Dmitrievna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, South Russian State Technical University (NPI), Russia
 Suhenko Yuriy Grigorevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 Suhova Mariya Gennadevna, Doctor of Geographical Sciences, assistant professor, Gorno-Altai State University, Russia
 Tarariko Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ukraine
 Tarasenko Larisa Viktorovna, Doctor of Sociology, Professor, South Federal University, Russia
 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
 Ustenko Sergej Anatolevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Nikolaev State University named after V O Sukhomlinsky, Ukraine
 Fateeva Nadezhda Mihajlovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Tyumen State University, Russia
 Fatyhova Alevtina Leontevna, Doctor of Education, assistant professor, Bashkir State University (Sterlitamak branch), Russia
 Fedorishin Dmitro Dmitrovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
 Fedotova Galina Aleksandrovna, Doctor of Education, Professor, Novgorod State University, Russia
 Fedyanina Lyudmila Nikolaevna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Russia
 Habibullin Rifat Gabdulhakovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan (Volga) Federal University, Russia
 Hodakova Nina Pavlovna, Doctor of Education, assistant professor, Moscow City Pedagogical University, Russia
 Hrebina Svetlana Vladimirovna, Doctor of Psychology, Professor, Pyatigorsk State Linguistic University, Russia
 Chervonyj Ivan Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Zaporizhzhya State Engineering Academy, Ukraine
 Chigirinskaya Natalya Vyacheslavovna, Doctor of Education, Professor, Volgograd State Technical University, Russia
 Churekova Tatyana Mihajlovna, Doctor of Education, Professor, Russia
 Shajko-Shajkovskij Aleksandr Gennadevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chernivtsi National University Y Fedkovich, Ukraine
 Shapovalov Valentin Valerevich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Kharkov Medical Academy of Postgraduate Education, Ukraine
 Shapovalov Valerij Vladimirovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Kharkiv Regional State Administration, Ukraine
 Shapovalova Viktoriya Alekseevna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Kharkov Medical Academy of Postgraduate Education, Ukraine
 Sharagov Vasilij Andreevich, Doctor of Chemical Sciences, assistant professor, Balti State University "Alecu Russo", Moldova
 Shevchenko Larisa Vasilievna, 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 Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Russia
 Elezovich M Dalibor , Doctor of Historical Sciences, assistant professor, Pristina University K Mitrovica, Serbia
 Yarovenko Vasilij Vasilievich, Doctor of Law, Professor, Admiral G I Maritime State University Nevelsky, Russia
 Yacenko Aleksandr Vladimirovich, Professor, Institute of Maritime Economics and Entrepreneurship, Scientific Research Design Institute of the Marine Fleet of Ukraine, Ukraine
 Evstropov Vladimir Mikhailovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian Customs Academy, Russia
 Kononova Alexandra Evgenievna, PhD in Economics, docent, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine
 Svitlana Titova, PhD in Geography, docent, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
 Tatarchuk Tetiana, PhD in technical sciences, NU "Zaporizhzhya Polytechnic", Ukraine
 Chupakhina Svitlana Vasyilivna, PhD in pedagogical sciences, docent, Vasil Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine
 Boiko Ruslan Vasilovich, PhD in Economics, docent, Khmelnytsky National University, Ukraine
 Voropayeva Tetiana Sergiivna, PhD in Psychology, docent, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
 Zakharenko Natalia, PhD in Economics, Priazov State Technical University, Ukraine
 Kirkin Olesandr Pavlovich, PhD in technical sciences, docent, Priazov State Technical University, Ukraine
 Kyianovskiy Aleksandr Moiseevich, PhD in Chemistry, docent, Kherson State Agrarian University, Ukraine
 Tharkahova Irma Grigorevna, PhD in Economics, docent, Adyge State University, Russia
 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
 Katerynchuk Ivan Stepanovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Academy of the State Border Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Ukraine
 Goncharenko Igor Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, Ukraine
 Gornostaj Oryslava Bogdanivna, PhD in technical sciences, docent, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
 Stanislavchuk Oksana Volodymyrivna, PhD in technical sciences, docent, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
 Mirus Olesandr-Zenovij Lvovich, PhD in Chemistry, docent, Lviv State University of Life Safety, Ukraine
 Nashynets-Naumova Anfisa, Doctor of Law, docent, Boris Grinchenko Kyiv University, Ukraine
 Kyselov Iurii Olexandrovych, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Uman National University of Horticulture, Ukraine
 Smutchak Zinaida Vasyilivna, Doctor of Economic Sciences, docent, Flight Academy of the National Aviation University, Ukraine
 Polenova Galina Tikhonovna, Doctor of Philology, Professor, Rostov-on-Don State University of Economics, Russia
 Makeeva Vera Stepanovna, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Russia
 Bunchuk Oksana, Doctor of Law, docent, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine
 Gladukh Ievgenii, Doctor of Pharmacy, Professor, National University of Pharmacy, Ukraine
 Benera Valentuna , 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 Tychna, Ukraine
 Kutishchev Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, VSTU, Russia
 Pikas Olha Bohdanivna, Doctor of Medical Sciences, Professor, National Medical University named after A A Bogomolets, Ukraine



УДК 621.941.31

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DEPENDENCE OF STABILITY OF THE TOOL ON INTENSITY OF COOLING AND MODES OF CUTTING
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТУ ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ І РЕЖИМІВ РІЗАННЯ**

Lisikh A.Y. / Лисих А.Ю.

с.т.с. / к.т.н

Budurov V.L. / Будуров В.Л.

*Pervomaisk branch of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Pervomaysk, Mykolaiv region, str. Odessa, 107, 55202**Первомайська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала
Макарова, м. Первомайськ, Миколаївської області, вул. Одеська, 107, 55202*

Kobyakov S.M. / Коб'яков С.М.

с.а.с, ас.проф. / к.с.г.н., доц.

*Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, str. Stritenska, 23, 73006**Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон, вул. Стрітенська, 23, 73006*

Анотація. У статті представлено експериментальне дослідження залежності стійкості інструмента від кількості мастильно-охолоджувальної рідини і витрат потужності при свердлінні свердлами зі змінними багатограними пластинами, що дозволить збільшити період стійкості і зменшити витрати потужності при використанні багатограних змінних пластин.

Ключові слова: період стійкості, подача інструменту, число обертів, діаметр, матеріал змінних пластин, мастильно-охолоджувальна рідина.

Вступ.

Свердління призначено для одержання в суцільному металі глухих та наскрізних отворів, що відповідають 11-14 квалітетам точності, шорсткості $R_a50 \dots R_a12,5$ і відрізняються:

- зміною швидкості різання по довжині різальної кромки від 0 до $V_{\max}$;
- утруднення видаленням стружки;
- низькою жорсткістю інструменту.

У процесі свердління конструкційних матеріалів інструмент знаходиться під дією значних осьових стискних сил P_0 та крутного моменту $M_{\text{кр}}$. Ці фактори лімітують обрані режими різання і є основними при розгляді комплексу обмежень у завданні оптимізації [1].

Здатність різального інструменту зберігати працездатність називається стійкістю, а час, протягом якого це відбувається, – періодом стійкості [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Аналіз останніх досліджень показав, що при свердлінні отворів свердлами зі змінними багатограними пластинками стійкість інструменту в великою мірою залежить від інтенсивності охолодження в зоні різання [3; 4].

Визначення необхідної кількості охолоджувальної рідини дає можливість збільшення стійкості ріжучого інструменту.

Метою роботи є експериментальні дослідження щодо необхідної кількості охолоджувальної рідини для забезпечення максимальної стійкості інструмента, що дозволить зменшити витрати на інструмент і зменшить собівартість



виготовленої продукції. При цьому необхідно формування технічних обмежень:

- 1) обмеження відносно різальних можливостей (швидкості різання) інструменту;
- 2) обмеження відносно потужності верстата;
- 3) обмеження відносно міцності механізму подачі верстата;
- 4) обмеження відносно міцності інструмента;
- 5) обмеження відносно жорсткості інструмента;
- 6) обмеження, що визначаються кінематикою верстата.

Для більшості виробничих ситуацій, коли в розрахунках використовуються значення економічних періодів стійкості інструменту, як цільову функцію слід вибирати найменший основний час t_0 . Визначається t_0 за формулою [1]:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_0}, \quad (1)$$

де L – глибина отвору, мм;
 n – число обертів в хвилину, хв.⁻¹;
 S_0 – подача за один оберт, мм/об.

Залежність періоду стійкості від швидкості різання описують ступеневою функцією [2]:

$$T = \frac{C_1}{V^m}, \quad (2)$$

де T – стійкість інструмента;
 m – показник відносної стійкості, який характеризує вплив швидкості на стійкість інструменту для сплавів групи ТК $m=0,2 \dots 0,33$; для сплавів ВК $m=0,2 \dots 0,4$; швидкорізальних сталей $m=0,1 \dots 0,33$ [2];
 C_1 – постійна величина, яка залежить від умов обробки;
 V – швидкість різання мм/хв.

Основний текст.

Експеримент проводився на верстаті Оброблювальний Центр SPACE TURN LB 3000EX фірми ORUMA. В якості ріжучого інструменту було використано свердла зі змінними пластинами наступних діаметрів Ø20, Ø24, Ø28 фірми SEKO [5-7].

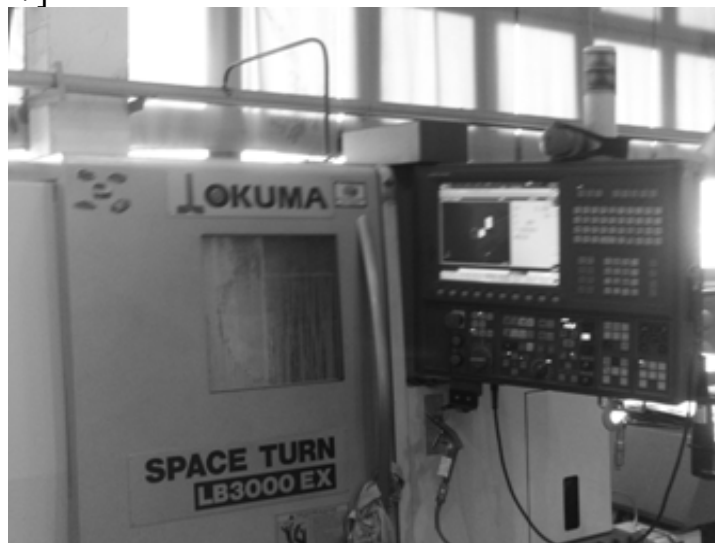


Рис. 1. Верстат – Оброблювальний Центр SPACE TURN LB 3000EX



В якості охолоджувальної рідини була використана водяна мастильно-охолоджувальна рідина Аквол - 6,5 -20% емульсія, яка аналогічна зарубіжним маркам (Кастрол – Німеччина, Цінціннаті – США, Нідерланди) [8; 9].

Для заміру витрат охолоджувальної рідини використано водомір, який вмонтований в систему подачі охолоджувальної рідини і секундомір для фіксування часу періоду стійкості.



Рис. 2. Свердло зі швидкозмінними пластинами



Рис. 3. Лічильник води і секундомір

Проведено десяти разове вимірювання витрат охолодженої рідини і періоду стійкості, а також потужності за кожним з режимів різання і проведений розрахунок середнього значення.

Розрахунки були виконані за нижче вказаними формулами і представлені в табличному варіанті.

Подача інструменту визначається із залежності [10]:

$$S_0 = C_s \cdot d^{Z_s}, \quad (3)$$

де C_s і Z_s – показники оброблюваного матеріалу [10].

Частота обертання шпинделя визначаємо з залежності [10]:

$$n = \frac{C_v \cdot \left(\frac{K_{HBv}}{HB} \right)^{Z_v}}{d}, \quad (4)$$

де C_v , Z_v і K_{HBv} – показники оброблюваного матеріалу [10].

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_m = \frac{\pi d n}{1000}, \quad (5)$$

де d – діаметр свердла в мм.

Таблиця 1

Показники оброблюваного матеріалу

Оброблюваний матеріал	C_s	Z_s	C_v	Z_v	K_{HBv}
Сталь конструкційна легована 40ХФА	0,011	0,75	63600	0,34	130
Сталь корозійностійка 03Х18Н11	0,014	0,66	54060	1,34	210
Чавун сірий СЧ25	0,005	1/0	51830	1,23	265

Результати вимірювань (табл. 2).



Таблиця 2

Результати вимірювання

Діаметр свердла d мм	Подача S_0 мм/об.		Швидкість V мм/хв.		Оберти n хв. ⁻¹		Кількість витрачено го МОР л./хв.		Період стійкості T , хв.		Витрачена потужність N , кВт.	
1	2		3		4		5		6		7	
	S_1	S_2	V_1	V_2	n_1	n_2	g_1	g_2	T_1	T_2	N_1	N_2
Ø20	0,12	0,28	175	226	2800	3600	10	32	129	123	9,0	21,0
Ø22	0,14	0,32	155	199	2060	2650	13	38	132	126	15,0	34,0
Ø28	0,16	0,36	138	176	1570	2010	15	45	135	129	23,5	52,9

Приводимо графік витрат мастильно-охолоджувальної рідини і графік залежності витрат потужності від діаметра свердла і подачі.

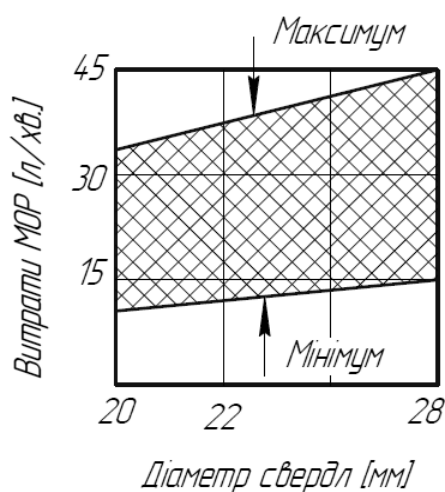


Рис. 4. Витрати мастильно-охолоджувальної рідини

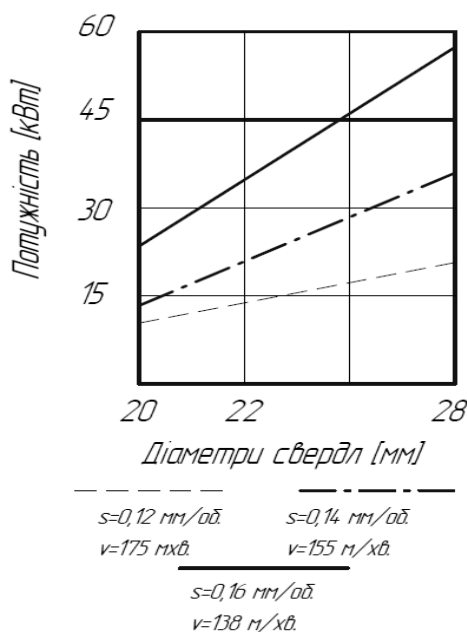


Рис. 5. Графік залежності витрат потужності від діаметра свердла і подачі



Висновки.

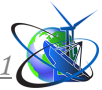
Проведені експериментальні дослідження показали, що завдяки подачі мастильно-охолоджувальної рідини в зону різання зменшується коефіцієнт тертя і зменшується температура в зоні різання за рахунок чого збільшується період стійкості інструменту. Також встановлено, що при збільшенні подачі і швидкості різання зменшується період стійкості і збільшуються витрати потужності.

Література:

1. Дідик Р.П., Зіль В.В., Пацера С.Т. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб.. Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – 196 с.
2. Виговський Г.М. Теорія різання: навч. посіб. Житомир: ЖДТУ, 2006. – 250 с.
3. Григурко І.О. Технологія обробки типових деталей та складання машин: навч. посіб.. Первомайськ: ППІ НУК, 2014. – 72 с.
4. Островерх Є.В. Інструментальне забезпечення технологічних процесів обробляння матеріалів у машинобудуванні: навч. посіб.. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 270 с.
5. Каталог ріжучого інструменту 2019 URL: [http:// www.secotools.com](http://www.secotools.com) (дата звернення 12.09.2019)
6. Каталог ріжучого інструменту 2015 URL: [http:// www.widia.com](http://www.widia.com) (дата звернення 24.09.2019)
7. Каталог ріжучого інструменту URL: [http:// www.taegutec.com](http://www.taegutec.com) (дата звернення 18.09.2019)
8. Безъязычный В.Ф., Аверьянов И.Н., Кордюков А.В. Расчет режимов резания: учеб. пособ.. Рыбинск: РГАТА, 2009, – 183 с.
9. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: справочник / Л.В. Худобин, А.П. Бабичев, Е.М. Булышев и др., – Москва: Машиностроение, 2006. – 544 с.
10. Даниленко Б.Д., Зубков Н.Н. Выбор режимов резания (сверление, зенкерование, развертывание): учеб. пособ.. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, – 102 с.

References:

1. Didyk R., Zil V., Patsera S. (2013) Rozrakhunkovi operatsii rezhimiv mekhanichnoi obrobky materialiv: tochinna, sverdlinniia, zenkeruvannia, rozhortannia [Settlement operations of the modes of machining of materials: turning, to drilling, coredrillings, expansion]. Dnipropetrovsk: NHU [in Ukraine].
2. Vihovskiy H. (2006) Teoriia rizannia [Theory of cutting]. Zhytomyr: ZhtSU [in Ukraine].
3. Hryhurko I. (2014) Tekhnolohiia obrobky typovykh detalei ta skladannia mashin [Technology of processing of standard details and acceptance of machines]. Pervomaisk: PerSU [in Ukraine].
4. Ostroverkh Ye. Instrumentalne zabezpechennia tekhnolohichnykh protsesiv obroblennia materialiv u mashinobuduvanni [Tool ensuring technological processing of materials in mechanical engineering]. Kharkiv: KhSU [in Ukraine].
5. Kataloh rizhuchoho instrumentu [The catalog of the cutting tool] (2019) Retrieved from



[http:// www.secotools.com](http://www.secotools.com) [in Ukraine].

6. Kataloh rizhuchoho instrumentu [The catalog of the cutting tool] (2015) [http:// www.widia.com](http://www.widia.com) [in Ukraine].

7. Kataloh rizhuchoho instrumentu [The catalog of the cutting tool] (2019) [http:// www.taegutec.com](http://www.taegutec.com) [in Ukraine].

8. Beziachnyi V., Averianov I., Kordiukov A. (2009) Raschet rezhimov rezaniia [Calculation of cutting conditions]. Rybinsk: RHATA [in Russia].

9. Khydobin L., Babichev A., Buiyshev Ye. (2006) Smazочно-okhlazhdaiushchie sredstva i ikh primenenie pri obrabotke rezaniem [Lubricating and cooling technological means and their application during cutting processing]. Moscow: Mashinostroenie [in Russia].

10. Danilenko B., Zubkov N. (2005) Vybory rezhimov rezaniia [Choice of cutting modes]. Moscow: MHTU [in Russia].

Abstract. It is presented in article experimental researches of the period of stability of variable many-sided plates of the cutting tool and power when drilling from intensity of cooling in a cutting zone. Such analysis is necessary for improvement of metal working of new structural materials and is of scientific and practical interest.

The purpose of work is experimental researches on necessary amount of cooling liquid for ensuring the maximum stability of the tool that will allow to reduce expenses on the tool and will reduce prime cost of the manufactured products.

The research concerning determination of necessary amount of cooling liquid for ensuring the maximum stability of the tool and also reduction power expenses is conducted. The experiment was conducted on the machine the processed center SPACE TURN LB 3000EX of Oruma to which the hydrometer in the system of supply of cooling liquid and a stop watch for fixation of time of measurement was built in. As the cutting tool it was used drills with replaceable plates of the following diameters of Ø20, Ø24, Ø28 of SEKO. As cooling liquid Akvol cooling liquid which similar to foreign brands was used. It is carried out to 10 single measurements of a consumption of cooling liquid and the period of stability and also capacities behind each of the modes it is sharp and calculation of average value is carried out.

Results of a research are given in a type of graphic dependences that is confirmed by work conclusions. The analysis of the received results is made.

Experimental researches are conducted showed that thanks to supply lubricant cooling liquid in a zone of cutting the coefficient of friction decreases and temperature in a cutting zone at the expense of what decreases the stability period to the tool increases. It is also established that at increase in giving of the tool and speed of cutting the period of stability decreases and increases power expenses. Practical application of these experimental researches will allow to reduce expenses on the tool and to reduce prime cost of the manufactured products.

Key words: stability period, giving of the tool, number turns, diameter, material of variable plates, lubricant cooling liquid.

Стаття відправлена: 23.11.2020 р.

© Коб'яков С.М.



УДК 536.24:621.184.5

CYLINDRICAL BURNER DEVICE FOR COMPATIBLE COMBUSTION OF COAL DUST WITH NATURAL GAS**ЦИЛІНДРИЧНИЙ ПАЛЬНИКОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ СУМІСНОГО СПАЛЮВАННЯ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ З ПРИРОДНИМ ГАЗОМ****Butovsky L.S. / Бутовський Л.С.***s.t.s., as.prof./ к.т.н., доц.***Bednarska I. S. / Беднарська І.С.***assist. / асист.*

ORCID: 0000-0002-5558-4467

Mazur V.P. / Мазур В. П.*student / студент***Lytvyn D.V. / Литвин Д. В.***student / студент**National Technical University of Ukraine**“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Politechnichna, 6, 03056**Національний технічний університет України**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Політехнічна, 6, 03056*

Abstract. *It was been developed a special method of organizing the process of joint combustion of coal dust and natural gas, which will ensure reliable ignition of the pulverized coal mixture and its efficient combustion. It was been developed the stand and the corresponding tests of the burner module on gas in various operating conditions. Are carried out tests of the modular burner with supply of low-grade fuel of the AS type. Is established reliable operation of the burner device in a wide range of gas and coal dust consumption.*

Key words: *combustion, burner, coal, natural gas, combustion, low-grade fuel.*

Introduction. The generalized comparison of modern energy of Ukraine with other countries of the world shows that the fuel and energy complex is quite powerful and is at the level of developed countries. Coal reserves in Ukraine amount to more than 117.4 billion tons, which is enough to provide thermal power plants with solid fuel for 250 years. Therefore, an extremely important direction in the development of thermal energy in Ukraine is the comprehensive use of coal fuel with reducing harmful emissions into the environment. Recently, especially in connection with the increasing requirements for economic and environmental performance of thermal power plant boilers, there is a need to develop and implement new methods of combustion process. This has led to the need for additional use of highly reactive fuel to initiate the combustion process of coal fuel.

The shortage of national natural gas production and the constant increase in its cost has raised the question of developing technical measures that would reduce natural gas costs at thermal power plants. Thus, the task of scientific research is the analysis and generalization of world and domestic experience in the modernization and reconstruction of existing pulverized coal boilers of thermal power plants, as well as the development and development of technical solutions.

The main text. Burners used in industry have a flat design, and for the proposed scheme of gas supply should use a cylindrical design. The proposed modular burner is shown in Figure 1.

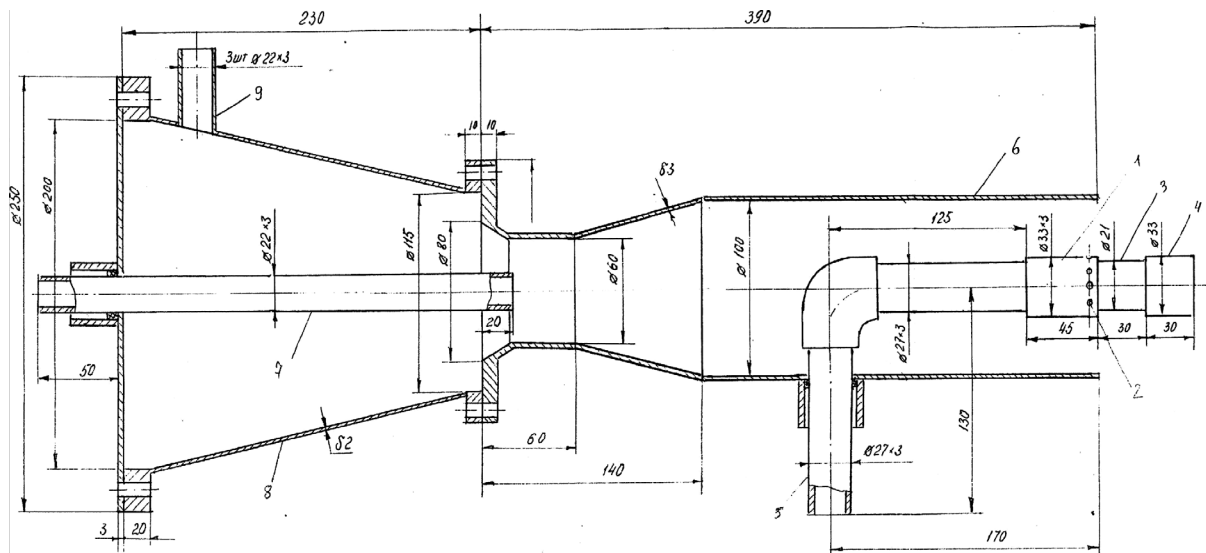
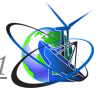


Figure 1. Modular cylindrical burner device with a recess: *1 - gas collector; 2 - system of gas openings; 3 - cylindrical recess; 4 - nozzle; 5 - gas supply pipe; 6 - housing; 7 - a branch pipe of coal supply; 8 - air box; 9 - air supply pipe.*

Figure 2 for one of the options shows the type of torch at different gas consumption. The coefficient of excess air varied from $\alpha = 16.0$ to $\alpha = 1.5$. The air velocity was $W = 12.65 \text{ m/s}$. As can be seen from the figure, even with minimal gas consumption, a steady flame is observed in the recess. With increased fuel consumption due to the increased range of gas jets, they occupy a larger diameter and the flame extends beyond the air pipe with a diameter of 100 mm.

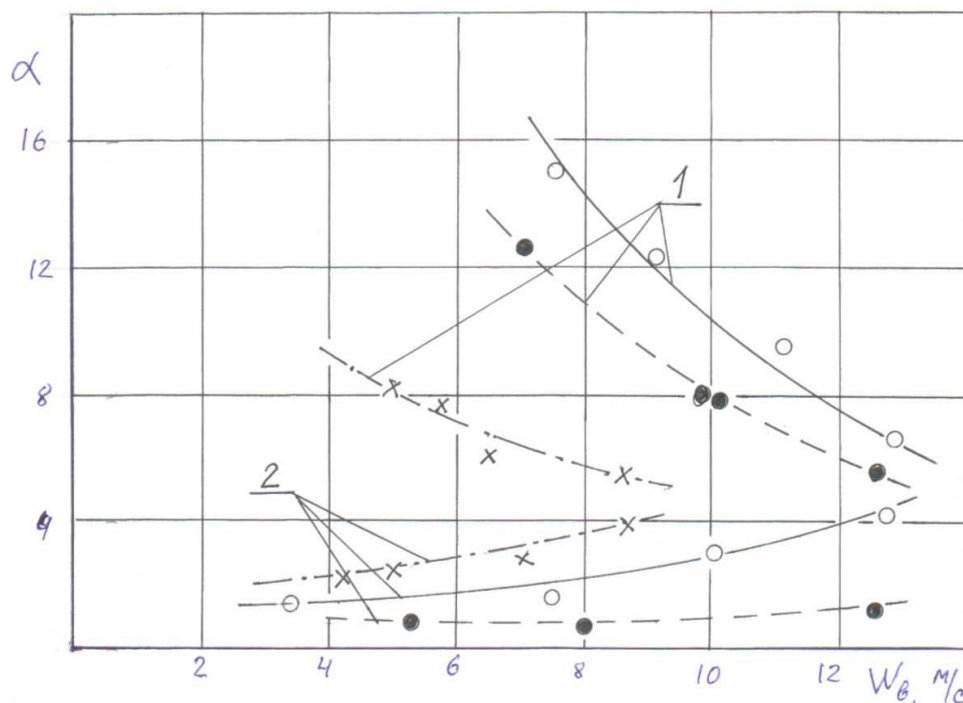
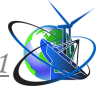


Figure 2. Dependence of the range of constant combustion of a cylindrical jet-niche burner on the air velocity. 1 - lighting a torch in a niche; 1-2- range of constant burning of a torch in a niche. x - $L_n = 24$ mm, $L_{otv} = 6$ mm; o - $L_n = 30$ mm, $L_{otv} = 6$ mm; • - $L_n = 30$ mm, $L_{otv} = 12$ mm.



The graph shows the values of the coefficients of excess air α at the value of the torch in the niche from the spark igniter, depending on the speed of the air flow around the stabilizer. After lighting the torch in the niche there is a gradual increase in gas consumption. Visually, it was recorded that with increasing gas consumption, the combustion in the niche gradually shifts downstream and at some point the combustion in the niche disappears (Fig. 2, curve 2). After that, at some fuel consumption, the combustion is stabilized at the end of the outlet of the stabilizer. The study showed that with the length of the niche $L_n = 24$ mm and the placement of gas holes from the front breaking edge of the niche at a distance $L_{otv} = 6$ mm, the narrowest range of burner operation is observed. As the length of the niche increases to $L_n = 30$ mm, the range of continuous operation expands. At an air velocity $W_n < 4.0$ m/s ($t_n = 20^\circ\text{C}$) combustion in the niche is possible at a coefficient of excess air $\alpha \approx 1.0$. At the same time, the value of α increased, at which there is a constant ignition of the torch in the niche to $\alpha = 8-16$. In the third embodiment, the gas holes were placed at a distance $L_{otv} = 12.0$ mm from the breaking edge of the niche. In this embodiment, the value of α at which the torch was ignited decreased slightly. However, in almost the entire range of the air flow velocity, constant burning of the torch in the niche at values of $\alpha = 1.0$ was ensured. Thus, when changing the geometric parameters of the system, it is possible to influence the limits of stable operation of the stabilizer.

The analysis of the results of the bench tests of the burners with excavation made it possible to continue further work to determine the possibility of using the developed method for co-combustion of coal dust with natural gas. The device was installed on the experimental stand of the Institute of Coal Energy Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, where tests were conducted with the supply of coal dust of the AS brand. The form of a torch at various expenses of gas and coal dust was received. Under the conditions of the stand, the air velocity was $W_n = 5.0$ m/s, gas consumption varied from 0.5 m³/h to 7.0 m³/h, coal dust consumption varied from 0 kg/h to 14.2 kg/h. According to calculations, the minimum coefficient of excess air in relation to coal dust was $\alpha = 1.4$, the coefficient of excess air in the gas varied in the range $\alpha = 2,3 - 30$. As tests have shown, in the specified range of changes of parameters without coal supply and with its supply the torch was steady, burning proceeded rather intensively within all volume of a torch. Thus, it can be concluded that previous tests have shown the fundamental possibility of using the proposed method of co-combustion of low-grade coal dust with natural gas.

Conclusions. Therefore, one of the most common methods of improving the efficiency of low-grade fuels, which does not require radical restructuring of the boiler furnace, is the combined combustion of such fuel with natural gas. Imperfections of the existing methods of co-combustion have been established: lack of uniform mixing of gas-air jets, unsatisfactory ejection of gas jets at variable loads, etc., which leads to reduced efficiency and increased gas consumption. Based on the experience of the Department of Thermal Power Plants of Thermal and Nuclear Power Plants in the field of high-efficiency gas combustion, a new scheme of gas supply for co-combustion using a system of cylindrical stabilizers with extraction and supply of gas by transverse jets. The stand was developed and the corresponding tests of the burner module on gas in various operating conditions were carried out. Tests of



the modular burner with supply of low-grade fuel of the AS type are carried out. Reliable operation of the burner device in a wide range of gas and coal dust consumption is established.

References:

1. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 24.07.2013 № 1071-r “On approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035” [Electronic resource]. Access mode: <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog/list?CurrDir=50358>.
2. Maistrenko OY, Malchevsky TA. Ways to improve coal combustion technologies in boilers // Ecotechnologies and resource conservation. 2000. №4. Pp. 3-6.
3. Abdulin MZ Jet-niche system of mixture formation and flame stabilization: Abstract dis. Kiev: KPI. 1986. 16p.

Анотація. Виконана розробка спеціального способу організації процесу сумісного горіння вугільного пилу та природного газу, що забезпечить надійне запалення пиловугільної суміші та її ефективне згоряння. Розроблений стенд і проведені відповідні випробування модуля пальника на газі в різних режимних умовах. Проведено випробування модульного пальника з подачею низькосортного палива типу АШ. Встановлена надійна робота пальникового пристрою в широкому діапазоні витрат газу та вугільного пилу.

Ключові слова: горіння, пальник, вугілля, природний газ, спалювання, низькосортне паливо.

Статья отправлена: 24.11.2020 г.

© Бутовський Л.С., Беднарська І.С., Мазур В.П., Литвин Д.В



УДК 536.24:621.184.5

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SOLID FUEL COMPOSITION ON QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF HEAVY METAL EMISSIONS

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА КІЛЬКІСНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИКИДІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Sheleshey T.V. / Шелешей Т.В.

senior lecturer / ст. викл.

Bednarska I. S. / Беднарська І.С.

assist. / асист.

ORCID: 0000-0002-5558-4467

Merenher P.P. / Меренгер П.П.

senior lecturer / ст. викл.

Usov I.L. / Усов І.Л.

student / студент

Oliynyk V.O. / Олійник В.О.

student / студент

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Politechnichna, 6, 03056

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Політехнічна, 6, 03056

Abstract. The main task of this study is to determine the quantitative indicators of harmful emissions of heavy metals into the environment depending on the composition of solid fuels. During the study, the indicators of heavy metal emissions were calculated. For the calculation, the types of solid fuels most often used in Ukraine at thermal power plants were taken into account.

Key words: harmful emissions, emission index, heavy metals, lead, mercury

Introduction. Every year there are more and more people in the world who care about the ecological state of the planet. They are working to ensure that people in all areas of industry pay more attention to environmental performance in production to reduce the damage done to the planet. This is especially true in the energy sector. This industry is one of the most environmentally harmful in the world. However, the modern world is impossible to imagine without electricity. Electricity haunts people everywhere: at home, at school, at work and even on vacation. To obtain this important element of modern life, various sources are used, such as thermal power plants, nuclear power plants, hydroelectric power plants and renewable energy sources. Thermal power plants account for a large percentage of the electricity generated. Fuel for thermal power plants is: coal of various brands, natural gas and fuel oil. Most thermal power plants run on coal. In the metallurgical and chemical industries, coal is also used as a raw material. The following types of coal are used in Ukraine: anthracite coal (AS) - coal of the highest quality, differs from other types by the presence of high content of cohesive carbon, low moisture, sulfur, volatile and high specific heat of combustion. Anthracite burns quickly, without smoke and flame with high heat transfer. The main product of anthracite comes from Donetsk and Luhansk regions. Lean coal brand TR occupies the second place of quality after anthracite. The following types of coal are also widely used: Donetsk long-flame coal (DR), Lviv-Volyn (LV) coal, Alexandria Bure and others.



The main deposits of the above fuels are in the Donetsk and Lviv-Volyn basins. In the Lviv-Volyn basin there are lower (compared to Donetsk) overall indicators of coal quality, which is characterized by lower calorific value and high ash content.

The main text. The use of coal as a fuel has negative consequences for the ecological state of the environment. All types of coal contain a number of heavy metals, which during combustion are released into the atmosphere in the form of volatile substances. Therefore, every day many heavy metals and harmful elements get into our atmosphere. The mass content of heavy metal in the fuel is determined during the elemental analysis of the fuel burned in the power plant. Heavy metals whose compounds are most harmful to the environment include: arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), mercury (Hg), nickel (Ni), lead (Pb), selenium (Se), zinc (Zn).

The above metals and their compounds are very dangerous to humans and nature. These elements have the ability to accumulate in living organisms. They can enter the body by airborne droplets, through the skin or through the gastrointestinal tract. Heavy metal poisoning can cause disorders of the internal organs, slow down the growth of children, impair reproductive function, cancer in humans up to death. Metal poisoning harms not only humans but also animals, plants and the environment.

Many heavy metals form stable organic compounds that dissolve well in water. That is why they can easily migrate with water through rivers and sewage. Rivers and sewage in turn flow into the seas and oceans. Increasing the concentration of heavy metals in the oceans and seas is a huge problem that leads to the extinction of ocean dwellers and the decay of the ecosystem as a whole. Mercury, lead and cadmium are the most dangerous for the ocean. Heavy metals enter not only through fuel combustion, but also through the release of garbage and industrial waste into the seas and oceans.

If the pollution situation is not taken under strict control, it will only get worse every year. Whole species of animals and plants will begin to die out, more and more people will get sick and be born with pathologies and mutations. Therefore, it is necessary to investigate and determine the type of coal, during the combustion of which there is the least release into the environment of the above heavy metals. The content of heavy metals SVM in thermal coal is shown in table 1.

Table 1

Content of heavy metals c_{BM} in thermal coal, mg / kg [1]

Coal	As	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Anthracite type	20	47	29	0.28	26	20	40
Donetsk lean	20	47	29	0.20	26	18	40
Donetsk gas	20	47	29	0.14	26	14	40
Donetsk long-flame	20	47	29	0.16	26	16	40
Lviv-Volyn	20	47	29	0.16	26	16	40
Alexandria storm	20	47	29	0.16	26	14	40

The amount of emissions of heavy metals depends on the content of these metals in energy fuels. As can be seen from Table 1, each fuel differs only in the content of



mercury and lead. Therefore, it is advisable to pay attention to these two elements.

In the course of the study, according to [1], the emission indicators of heavy metals were calculated. For the calculation, the types of solid fuels most often used in Ukraine at thermal power plants were taken into account (Table 1).

The results of the calculations are summarized in table 2.

Table 2

The results of calculations

Важкий метал	Anthracite type	Donetsk lean	Donetsk gas	Donetsk long-flame	Lviv-Volyn	Alexandria storm
As	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
Cr	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
Cu	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Hg	0,011	0,0084	0,0059	0,0067	0,0067	0,0067
Ni	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Pb	0,058	0,053	0,041	0,046	0,046	0,041
Zn	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139

Авторська розробка

As can be seen from Table 2, the highest rate of mercury emissions during the combustion of anthracite, and the lowest rates during the combustion of Donetsk gas. Also small indicators when burning the following types of coal: Donetsk long-flame, Lviv-Volyn, Alexandria brown. And the indicator of lead emission is the lowest when burning Oleksandriisky brown and Donetsk gas, the highest - when burning anthracite. Also, small indicators are observed during the combustion of Donetsk long-flame and Lviv-Volyn coal.

Conclusions. Thus, the study found:

1. The highest rate of mercury emissions during the combustion of anthracite, and the lowest rates during the combustion of Donetsk gas. Also small indicators when burning the following types of coal: Donetsk long-flame, Lviv-Volyn, Alexandria brown.

2. The lead emission index is the lowest in the combustion of Alexandria brown and Donetsk gas, the highest - in the combustion of anthracite. Also small indicators are observed at burning of Donetsk long-flame and Lviv-Volyn coal

References:

1. GKD 34.02.305-2002. Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants. Method of determination. Kyiv, 2002.

Анотація. Основним завданням даного дослідження є визначення кількісних показників шкідливих викидів важких металів в навколишнє середовище в залежності від складу твердого палива. В ході дослідження розраховані показники емісії важких металів. Для розрахунку брали до уваги види твердого палива, що найчастіше використовуються в Україні на теплових електричних станціях.

Ключові слова: шкідливі викиди, показник емісії, важкі метали, свинець, ртуть.

Статья отправлена: 27.11.2020 г.

© Шелешей Т.В., Беднарська І.С., Меренгер П.П., Усов І.Л., Олійник В.О.



УДК 536.24:621.184.5

**QUANTITATIVE EMISSIONS OF SUSPENDED SOLID PARTICLES
AT DIFFERENT COMBUSTION TECHNOLOGIES****КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВИКИДІВ СУСПЕНДОВАНИХ ТВЕРДИХ
ЧАСТИНОК ПРИ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ СПАЛЮВАННЯ****Sheleshey T.V. / Шелешей Т.В.***senior lecturer / ст. викл.***Bednarska I. S. / Беднарська І.С.***assist. / асист.*

ORCID: 0000-0002-5558-4467

Mayer L. / Майєр Л.*assist. / асист.***Budya Yu.S. / Будя Ю.С.***student / студент***Litvinenko O.V. / Литвиненко О.В.***student / студент**National Technical University of Ukraine**“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Politechnichna, 6, 03056**Національний технічний університет України**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Політехнічна, 6, 03056*

Abstract. *The main task of this study is to determine the quantitative characteristics of harmful emissions of particulate matter into the atmosphere depending on different combustion technologies. During the study, the emission rates of solid suspended particles were calculated. Combustion technologies most commonly used in Ukraine were taken into account for the calculation.*

Key words: *harmful emissions, emission index, solid particles, combustion technologies, boiler unit.*

Introduction. One of the most important industries in any country is energy. It depends on the main aspects of human life - the work of all enterprises (social, banking, public, private institutions, etc.), infrastructure (lighting, electric transport, etc.) and household needs.

Thermal power plants (TPPs) produce energy by burning fossil fuels - coal, fuel oil, natural gas. The main fuel at domestic thermal power plants is coal of various types. It is known that the combustion of solid fuels releases the greatest amount of harmful substances into the atmosphere compared to the use of other fuels. The amount of these emissions, including a large proportion of suspended solids (ash), depends on the type of equipment, plant capacity, type of fuel burned, and so on.

The main text. It is worth considering the various technological processes of combustion. According to the phase state of removal of slag from the furnace, there are boilers with solid and liquid slag removal. In boilers with solid slag removal, the slag is removed from the furnace in the solid state, and in boilers with liquid slag removal - in the molten state. With liquid slag removal, the temperature in the boiler chamber must be maintained at a level that exceeds the melting point of the slag and ensures their removal from the furnace in the liquid state. The advantage of liquid slag removal is that in this method the ash is captured much more than in solid slag removal, when a significant proportion of ash is carried by flue gases.



In cyclone furnaces, the primary air together with the fuel is twisted and fed into the end burner, and the secondary - tangentially through the slits. High speed ensures the removal of large particles on the walls and keeping them in the flow of the cyclone until complete combustion.

Two-chamber furnace is more complex in shape and more expensive than single-chamber furnace, the walls of which are formed by screen tubes of simple configuration. The two-chamber fire chamber is more favorable for the boilers working in operation at the lowered loadings and burning damp coal.

In furnaces with a fixed layer, the fuel lying freely on the grates is blown from below by air. The speed of gas flow in the layer is such that its buoyancy is less than the weight of fuel particles. Fixed-bed furnaces are equipped mainly with communal and industrial boiler-houses.

The fluidized bed is undemanding to fuel quality: it quite successfully burns coal and carbonaceous waste with an ash content of up to 70% and relatively low-ash with a moisture content of up to 60%. Abroad, fluidized bed furnaces are widely distributed on hot water and steam boilers with a capacity of up to 100 t / h.

Circulating fluidized bed (CCS) furnaces have no more stringent fuel quality requirements than the fluidized bed, and fuel combustion efficiency is much higher.

In chamber furnaces, fuel and air are fed into the furnace in direct or twisted streams through burner devices, ignited by radiant heat exchange with the torch core and hot walls, ejected by high-temperature combustion products to the root of the torch and then burned in the torch along the flow. Gaseous, liquid and solid fuels ground to a dusty state are suitable for flaring, but due to their different specific burning rate (reactivity) the latter requires a longer burn-up time. The main task of this study is to determine the quantitative characteristics of harmful emissions into the atmosphere of solid suspended particles depending on different combustion technologies.

In the course of the study, in accordance with [1], the emission parameters of solid particles were calculated. The above combustion technologies, which are most often used in Ukraine, were taken into account for the calculation (Table 1).

Table 1

The share of volatile ash in different fuel combustion technologies

Boiler	Coal
With solid (dry) slag removal	0,95
Open furnace with liquid slag removal	0,80
Semi-open furnace with liquid slag removal	0,70
Two-chamber ball:	0,55
with a vertical preheat	0,30
horizontal cyclone	0,15
With a circulating fluidized bed	0,50
With bubble fluidized bed	0,20
With a fixed layer	0,15

The results of the calculations are shown in table 2



Table 2

The results of calculations

	With solid (dry) slag removal	Open furnace with liquid slag removal	Semi-open furnace with liquid slag removal	Two-chamber ball:	with a vertical preheat	horizontal cyclone	With a circulating fluidized bed	With bubble fluidized bed	With a fixed layer
a_{vin}	0,95	0,8	0,7	0,55	0,3	0,15	0,5	0,2	0,15
$k_{TB}, \text{г/ГДЖ}$	180,2	151,8	132,8	104,3	56,9	28,5	94,9	37,9	28,5

Author's development

The dependence of the emission index of suspended solids on the share of volatile ash a_{vin} in different fuel combustion technologies is shown in Figure 1.

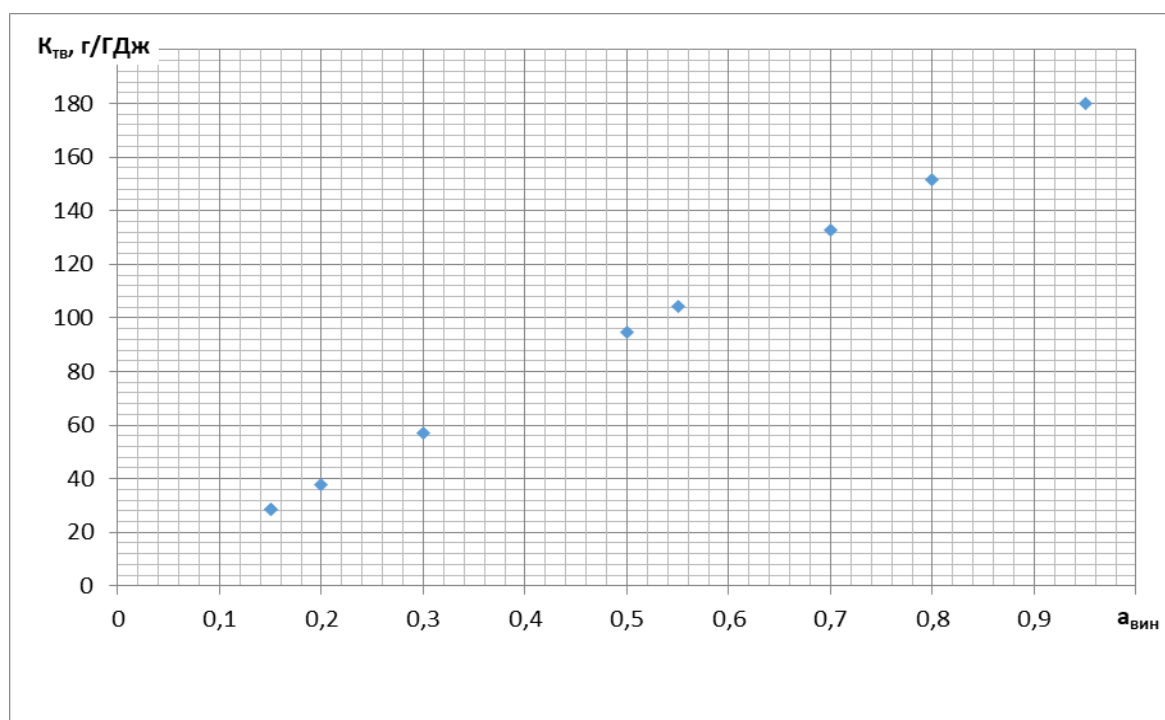
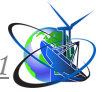


Figure 1. Dependence of the emission index of suspended solid particles on the share of volatile ash a_{vin} in different fuel combustion technologies.

Author's development

As shown in Figure 1 and Table 2, the highest amount of emissions into the environment of solid particles is observed in the incineration with solid slag removal, and the lowest we have when using a fixed bed furnace and a two-chamber horizontal cyclone furnace. We also observe a small k_{tv} index when using a two-chamber furnace with a vertical pre-furnace and a fluidized bed furnace.



Conclusions. The main result of this study is:

1. Various combustion technologies most often used in Ukraine are considered.
2. Emissions of solid suspended particles are calculated.
3. It is established that the largest number of emissions of solid particles into the environment is observed during flare combustion with solid slag removal, and the lowest is obtained when using a fixed bed furnace and a two-chamber horizontal cyclone furnace.
4. Small rate of k_{tv} is observed when using a two-chamber furnace with a vertical pre-furnace and a fluidized bed furnace.

References:

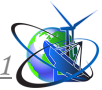
1. GKD 34.02.305-2002. Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants. Method of determination. Kyiv, 2002.

***Анотація.** Основним завданням даного дослідження є визначення кількісних характеристик шкідливих викидів твердих частинок в атмосферу в залежності від різних технологій спалювання. В ході дослідження розраховані показники емісії твердих суспендованих частинок. Для розрахунку брали до уваги технології спалювання, що найчастіше використовуються в Україні.*

***Ключові слова:** шкідливі викиди, показник емісії, тверді частинки, технології спалювання, котлоагрегат.*

Статья отправлена: 27.11.2020 г.

© Шелешей Т.В., Беднарська І.С., Майер Л., Будя Ю.С., Литвиненко О.В.



УДК 66.021.4, 678.027.2, 676.056.71, 66.011

CALCULATION OF THE SYSTEM OF THERMAL STABILIZATION OF SHAFTS WHEN CALENDERING SHEETS OF THERMOPLASTICS

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЇ ВАЛІВ ПРИ КАЛЕНДРУВАННІ ЛИСТІВ З ТЕРМОПЛАСТИВ

Dvoinos Ya.H. / Двойнос Я.Г.

c.t.s., assis.prof./к.т.н., ст.викл.

ORCID: 0000-0003-3469-8593

Podyman H.S. / Подиман Г.С.

Ph.D. student /аспірант

Rudnytskyi B.A. / Рудницький Б.А.

Ph.D. student /аспірант

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",

Kyiv, 37, Prosp. Peremohy, 03056

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, пр.Перемоги, 37, 03056

Анотація. В роботі проаналізовано вплив технологічних параметрів каландрування на режими роботи системи термостабілізації валів каландру, вибір теплоносія. Запропоновано оціночну методику перевірконого розрахунку системи термостабілізації валів каландру, прив'язану до геометричних розмірів валів, продуктивності і матеріалу що каландрується, та конструкції каналів для теплоносія у валах. Проведено серію імітаційних експериментів та зроблено узагальнюючі висновки щодо вибору теплоносія.

Ключові слова: каландр, теплообмін, система термостабілізації

Вступ До основного обладнання виробництва листів з термопластів відноситься каландр (рис. 1) [1].

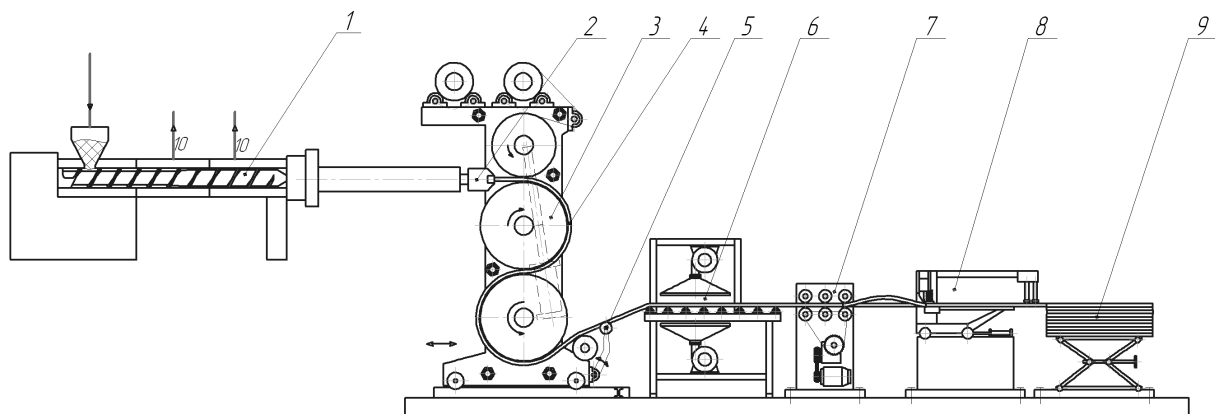


Рис. 1. Лінія виробництва листів з поліетилену високої густини (HDPE)

1 – екструдер; 2 – формуюча головка; 3 – каландр; 4 – лист з полімерного матеріалу;
5 – пристрій різки кромки; 6 – рольганг охолодження листа; 7 – тягучий пристрій;
8 – пристрій повздожньої різки; 9 – пристрій штабелювання; 10 – потоки теплоносія

Процес каландрування листів з термопластів включає стадії формування у міжвалковому зазорі та охолодження на валах. З метою забезпечення стабільності процесу та якості готового виробу каландри оснащено системою термостабілізації валів, при цьому, в залежності від технологічних параметрів обирається конструкція системи каналів вала (рис. 2), температура поверхні валів, і, відповідно, теплоносій, насоси та теплообмінники [2].

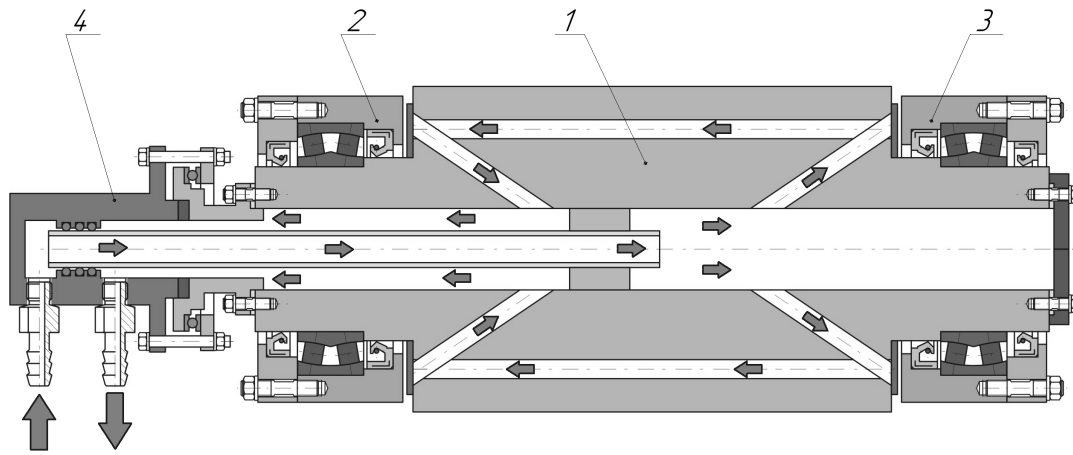
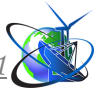


Рис. 2. Вал каландру та схема його каналів для руху теплоносія

1 – вал; 2, 3 – підшипникові вузли; 4 – пристрій підводу та відводу теплоносія

Вочевидь, найбільше теплове навантаження сприймає вал, який лист полімеру огинає першим, на рис. 3 представлено фізичну модель процесу переносу теплоти від листа з розплаву полімеру до теплоносія, що циркулює у валу.

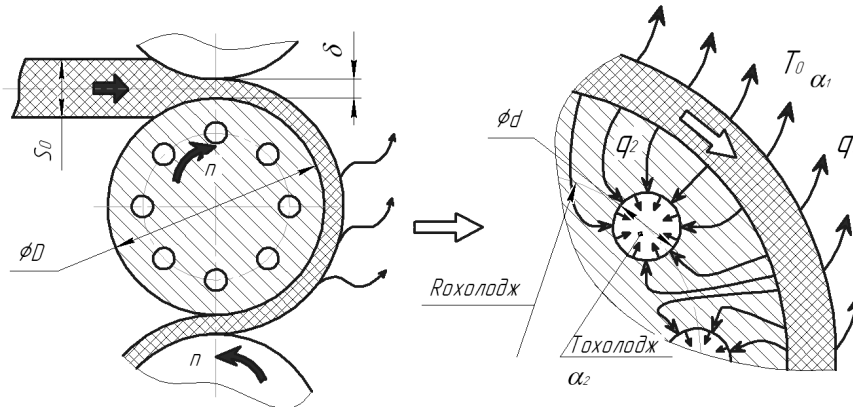
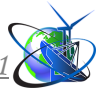


Рис. 3. Фізична модель процесу переносу теплоти від листа з розплаву полімеру до теплоносія, що циркулює в каналах валу

S_0 – товщина заготовки розплаву перед першим зазором каландра; δ – калібрована товщина листа після першого зазору каландра; D – діаметр валу каландра, на якому охолоджується лист; d – діаметр отворів у валу для теплоносія; n – частота обертання валу, об/сек; $T_{охолодж}$ – температура теплоносія у каналах валу; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до матеріалу валу, Вт/(м²К); α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні листа, що охолоджується до навколишнього середовища (повітря), Вт/(м²К); q_1 – питомий тепловий потік від поверхні каналів з теплоносієм до поверхні валу, Вт/м²; q_2 – питомий тепловий потік від поверхні листа, що охолоджується до навколишнього середовища, Вт/м²;

Пропонується розв'язання задачі у два етапи: визначення теплового потоку від листа з розплаву полімеру до стінки валка каландру з припущенням, що температура поверхні валу постійна, і для знайденого теплового потоку розрахунок ефективного температурного перепаду від поверхні валу до теплоносія, що циркулює у каналах.

Для визначення теплового потоку від листа з розплаву полімеру до стінки валу каландру пропонується використати CFD додаток Flow simulation програми SolidWorks. Досліджено елемент з кривизною поверхні валу, верхня



поверхня охолоджується повітрям за рахунок вільної конвекції ($\alpha_l=15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$), нижня поверхня має температуру валка, матеріал листа – HDPE. Враховуючи розтягнутість процесу кристалізації полімерних матеріалів використовуються залежності теплофізичних властивостей від температури, що дозволяє коректно моделювати процеси кристалізації (рис. 4) [3].

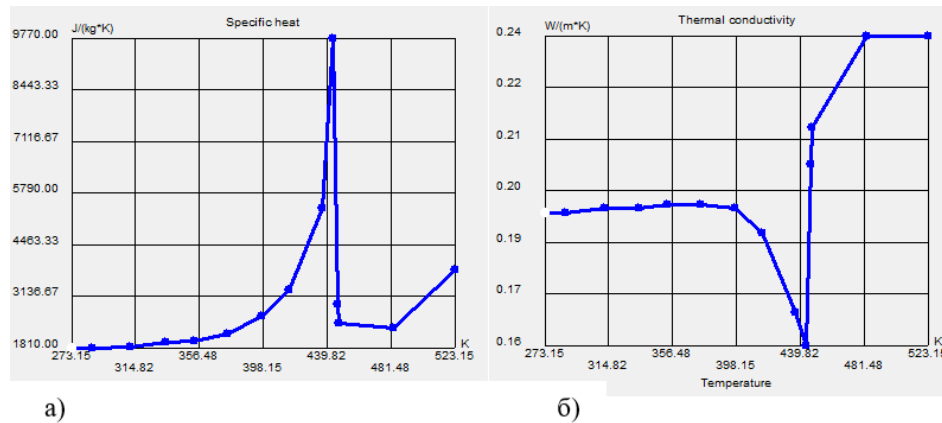


Рис. 4. Теплофізичні властивості HDPE

a – теплоємність, Дж/(кгК); *б* – теплопровідність, Вт/(мК)

Результати імітаційного моделювання для HDPE при початковій температурі 230°C, товщині 3 мм, діаметрі валів 600 мм, частоті обертання валів $n=0,0259 \text{ об/с}$ (1,57 об/хв, час контакту листа з поверхнею валу 19,27 с за умови облягання листом половини валу), температурі поверхні валу 100°C наведено на рис. 5,6,7.

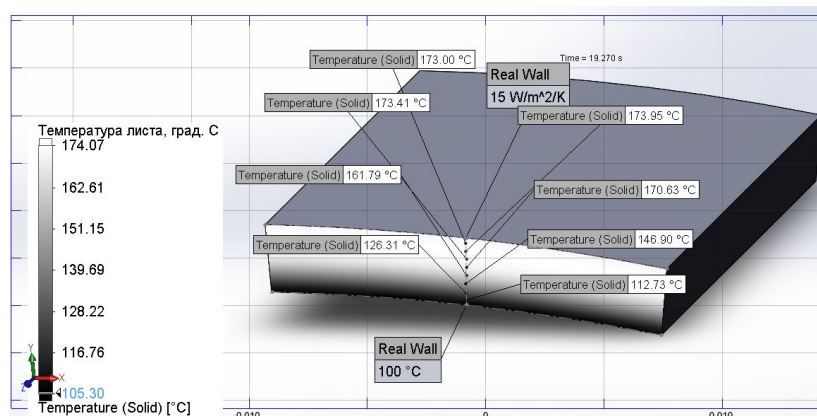


Рис. 5. Результат імітаційного моделювання (елемент листа, граничні умови та температури полімеру по товщині листа)

Для другого етапу розрахунку визначено коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до матеріалу валу: $\alpha_2=2320 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, при цьому обрано гідродинамічний режим руху теплоносія $Re=6000$, канали круглої форми.

Середньоінтегральний питомий тепловий потік від листа до поверхні валу склав $q_2=9558 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Температуру теплоносія було визначено шляхом серії імітаційних експериментів на моделі з геометричними розмірами які відповідають реальному валу, рис. 7, вона для умов експерименту становить $T_{\text{охол}}=86,5^\circ\text{C}$.

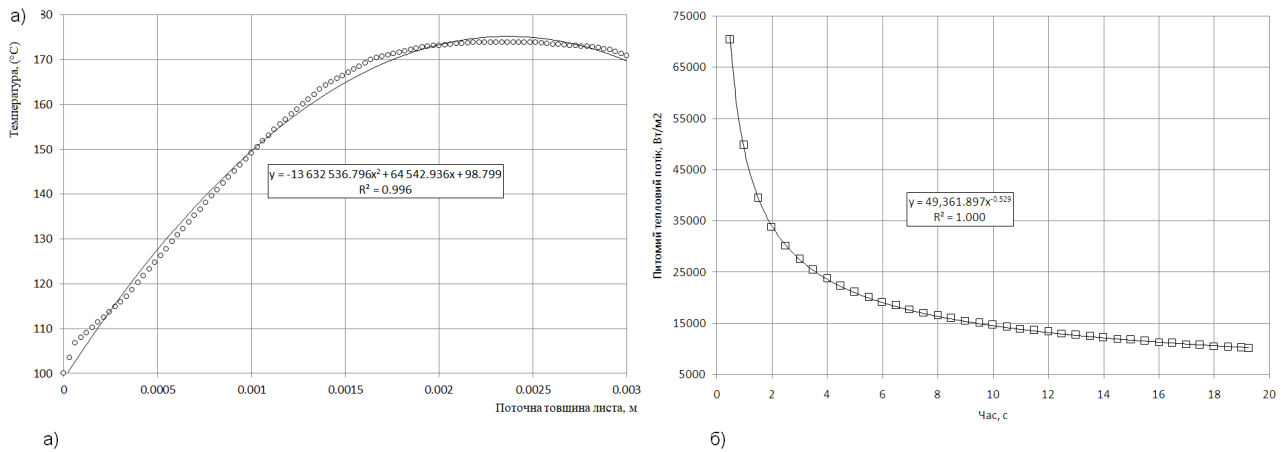
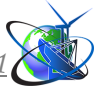


Рис. 6. Результат імітаційного моделювання
 а – температурні поля по товщині листа;
 б – питомий тепловий потік від листа до поверхні валу по часу

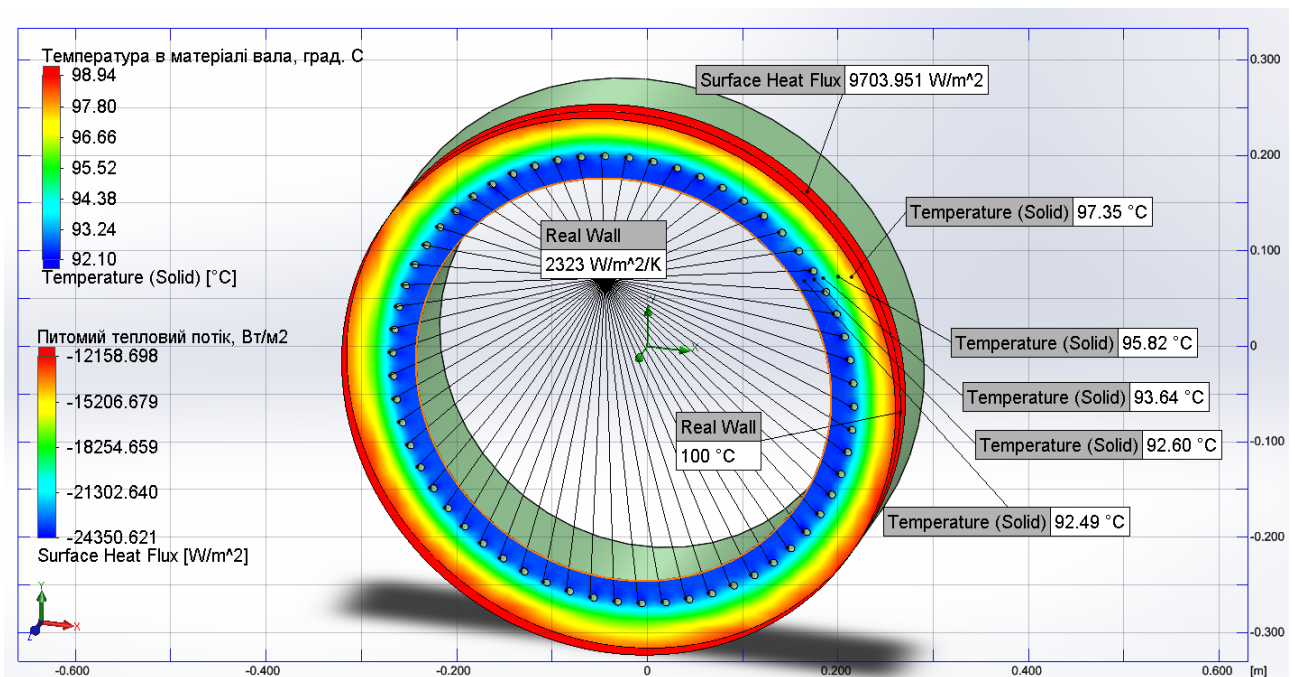


Рис. 7. Результат серії імітаційних експериментів

Висновки. Запропонована методика оціночного розрахунку системи термостабілізації валів каландру враховує технологічні параметри процесу, властивості матеріалів, геометричні розміри валів та конструкцію каналів для теплоносія. Серія розрахунків показала суттєву залежність температури теплоносія від діаметру валів, товщини листа та частоти обертання валів, що критично при виборі теплоносія.

Література:

1. Лукач Ю.Е., Воронин Л.Г., Ружинская Л.И. и др. Автоматизированное проектирование валковых машин для переработки полимеров / Киев. Техника, 1988. - 208 с.
2. Technique of parametrical and thermal calculation of calenders for processing of plastic and rubber mixesi mikulionok - Journal for technology of plasticity, 2013.



3. Woo, M.W., Wong, P., Tang, Y., Triacca, V., Gloor, P.E., Hrymak, A.N. and Hamielec, A.E. (1995), Melting behavior and thermal properties of high density polythylene // Polym Eng Sci, 35. P. 151-156. doi:10.1002/pen.760350205.

References.

1. Lukach Yu. Ye., Voronin L. G., Ruzhinska L. I., etc.: The automated designing of rolls machines for processing of polymers, Technika, Kiev, 1988.
2. Technique of parametrical and thermal calculation of calenders for processing of plastic and rubber mixesi mikulionok - Journal for technology of plasticity, 2013.
3. Woo, M.W., Wong, P., Tang, Y., Triacca, V., Gloor, P.E., Hrymak, A.N. and Hamielec, A.E. (1995), Melting behavior and thermal properties of high density polythylene // Polym Eng Sci, 35. P. 151-156. doi:10.1002/pen.760350205.

Abstract. *The work analyzes the influence of the process parameters of calendering on the operating modes of the calender shaft thermal stabilization system, the choice of coolant. The evaluation method of the check calculation of the calender shaft thermal stabilization system is proposed, which is tied to the geometric dimensions of the shafts, the productivity and calendering material, and the structure of the coolant channels in the shafts. A series of simulation experiments was carried out and generalizing conclusions were made on the selection of the coolant.*

Keywords: *calender, heat exchange, thermal stabilization system*

Статья отправлена: 26.11.2020 г.

© Двойнос Я.Г.



УДК 536.24:621.184.5

**REDUCTION OF CONSUMPTION AND RESTORATION OF
WASTEWATER AT TPP****СКОРОЧЕННЯ СПОЖИВАННЯ ТА ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ СТИЧНИХ ВОД
НА ТЕС****Hranovskaya O.O. / Грановська О.О.***c.t.s., as.prof./ к.т.н., доц.***Bednarska I. S. / Беднарська І.С.***assist. / асист.**ORCID: 0000-0002-5558-4467***Kotsiuba O.A. / Коцюба О.А.***student / студент***Kolibabchuk N.O. / Колібабчук Н.О.***student / студент***Bednarska Ya. S. / Беднарська Я.С.***student / студент**National Technical University of Ukraine**“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Politechnichna, 6, 03056**Національний технічний університет України**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Політехнічна, 6, 03056*

Abstract. Schemes and methods have been developed that allow to perform calculations of the reverse osmosis (RO) installation both on the source water and on the wastewater of chemical water treatment plants. The use of ROs at chemical water treatment facilities of thermal power plants (TPPs) will allow to create drainless water treatment systems without evaporators. Improvements and cheapening of ROs can be achieved by creating membranes with high permeability and selectivity and increasing the company of their work, as well as the creation of devices with greater productivity.

Key words: reverse osmosis, treatment, wastewater, membrane, chemical water treatment.

Introduction.

Thermal energy is one of the largest industrial users of water. The annual consumption of water from natural water bodies in this industry reaches tens of cubic kilometers, while about 90% of collection water is returned to water bodies in the form of wastewater with varying degrees of pollution. Today, one of the biggest problems of environmental protection for Ukraine is the pollution of the hydrosphere [1]. Significant negative impact on water bodies is caused by energy generating facilities [2]. At the same time, without their functioning it is impossible to ensure the normal operation of industrial production, enterprises, institutions and comfortable living conditions. Reuse of wastewater after the necessary treatment can significantly reduce the negative impact on water bodies, and to reduce the amount of pollutants coming from wastewater. Reducing water consumption, including through water reuse, is an important economic and environmental challenge.

The main text.

Analysis of water consumption systems of thermal power plants with different cooling systems shows that there are opportunities to reduce water consumption.

The choice of the most optimal method of water treatment (HPP) at environmentally friendly TPPs should be made taking into account the type of TPP,



the performance of the HPP and should be based on a comparison of changes in specific discounted costs (VAT) for different desalination technologies.

The main stages of choosing the most optimal method of water treatment are presented in Fig. 1.

When conducting technical and economic calculations for low-cost VPU are determined:

- capital expenditures;
- operating and equivalent annual costs;
- specific discounted costs.

The value of capital costs for different desalination schemes are the total costs of preparation and landscaping, technological and electrical parts, measuring instruments and automation, construction part, roads, external networks, communications and telemechanics.

The calculation of annual operating costs for various desalination schemes is based on the costs of: electricity consumption, backfilling, reagents, depreciation, salaries of maintenance personnel, repair services, general station and other costs. In addition, when calculating the annual operating costs should be taken into account the thermal component of costs and the cost of source water.

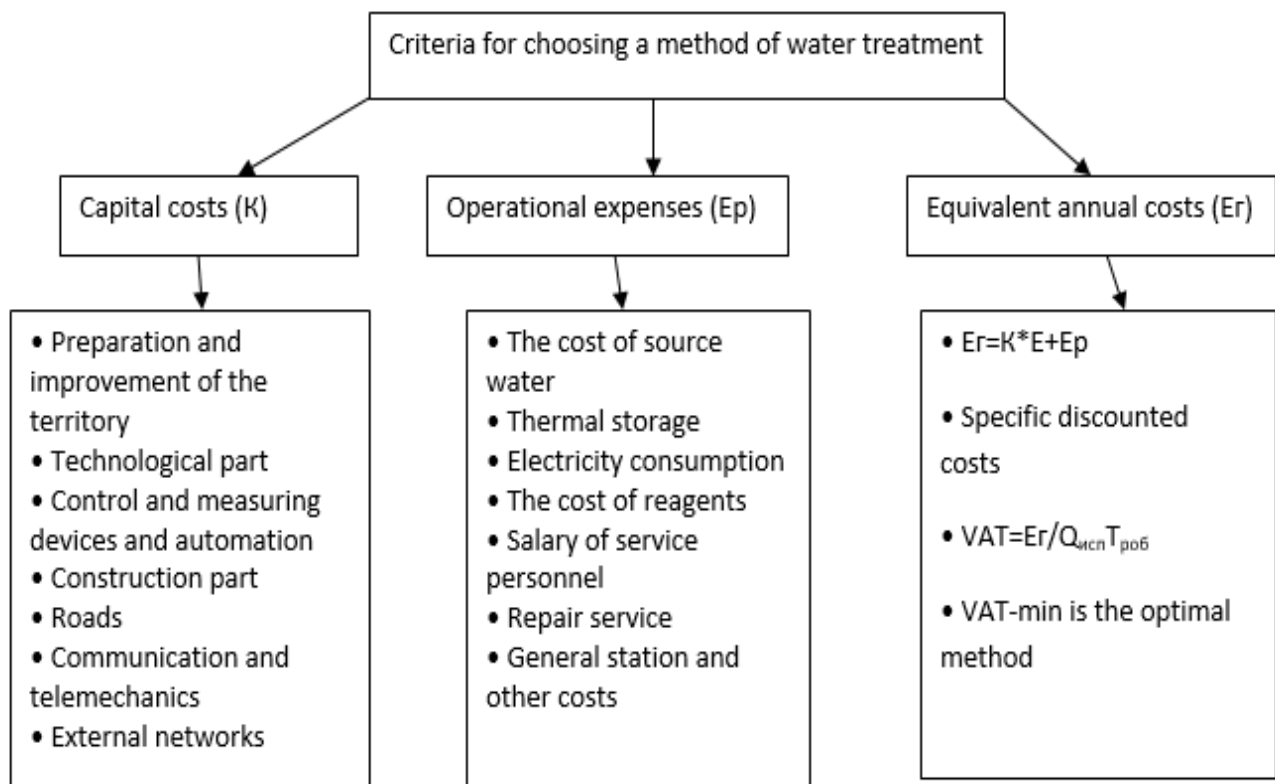


Figure 1. Determining the criteria for selecting the optimal method of water treatment for low-waste VPU at environmentally friendly thermal power plants.

The final stage of choosing the optimal method of water treatment is the calculation and subsequent analysis of changes in the specific discounted costs for different methods of VPU.

All sludges and salts derived from low-waste VPU schemes can be used in construction, energy, metallurgy, etc.



Modern rates of energy development, high requirements for water quality for boiler supply and heating of heating networks with growing shortage of reagents and increased requirements for protection of surface waters and reservoirs from pollution constantly require the introduction and widespread use of reagent-free water treatment methods. One such method is the use of semipermeable membranes in reverse osmosis devices [3].

This method can provide highly efficient treatment of source and wastewater from mineral impurities. It has a number of significant advantages, including: reduced consumption of chemical reagents used only for washing membranes, simplicity of technological scheme, compact layout, and others. Some possible aspects of using reverse osmosis units (RCDs) to prepare water for the TPP cycle and wastewater treatment are considered: the choice of type of membranes and devices, the basic technological schemes of RCDs, the main dependences of the developed method of calculation and specific technical and economic indicators.

The most optimal was a stepwise concentration scheme with a membrane selectivity of 70% with division into two sequentially operating three-stage sections, with a filtrate recirculation system inside the sections, with recirculation of the filtrate of the second section to the first stage and the first stage filtrate.

The dependences of costs and salt content on any part of the scheme on the initial data are found. For this purpose, the equations of volume and salt balances were used, as well as the dependences between the objects of the flows (at a yield of 50%) and the dependences between the salt content of the pokes. The developed technique allows you to easily calculate C and Q in any part of the RCD circuit and check the results of calculations by the equations of salt balances. According to the results of calculations, the equipment, diameters of pipelines, assembly diagrams and layout drawings are selected. The main technical and economic indicators of the installations were determined - specific capital, operating and reduced costs.

When calculating capital costs, the cost of the technological part of the equipment, fittings, technological metal structures, corrosion protection, thermal insulation is taken into account. The costs of the electrical part, instrumentation and automation and the construction part are also taken into account. Capital expenditures for other works are accepted in the amount of 25%.

The calculation of specific operating costs takes into account the specific production costs for automation, maintenance, wages, total station costs, membrane replacement, electricity, reagents and water for washing membranes, heat loss and other costs.

The specific costs are determined taking into account the regulatory capital investment ratio of 0.15.

Conclusions.

Therefore, schemes and methods have been developed that allow to perform RCD calculations both on the source water and on the wastewater of chemical water treatment plants.

The use of RCDs at chemical water treatment facilities of TPPs will allow to create drainless water treatment systems without evaporators. Improvements and cheapening of RCDs can be achieved by creating membranes with high permeability



and selectivity and increasing the company of their work, as well as the creation of devices with greater productivity.

For approbation of technical decisions experimental-industrial RCDs on source water and on sewage of chemical water treatment plants should be designed.

References.

1. Martynova OI, Kopylov AS, Mamet VA Reverse osmosis is a new effective method for processing additional and waste water at power plants. Heat power engineering, 1975, No. 7.
2. Zhukov AI, Mongayt IA, Rodziller ID Methods of cleaning industrial waste water. Reference manual. Moscow: Stroyizdat, 1977.
3. Water treatment by reverse osmosis and ultrafiltration / Yasmin A. A., Orlov A. K., Karelin F. N., Rapoport Ya. D. M. : Stroyizdat, 1978.

Анотація. Були розроблені схеми і методика, які дозволяють виконати розрахунки установки зворотного осмосу (УЗО) як на вихідній воді, так і на стічних водах хімводоочисток. Використання УЗО на об'єктах хімводоочистки теплових електричних станцій (ТЕС) дозволить створити безстічні схеми водопідготовки без випарників. Удосконалення і здешевлення УЗО можуть бути досягнуті в результаті створення мембран з високою проникністю і селективністю і збільшення компанії їх роботи, а також створення апаратів більшої продуктивності.

Ключові слова: зворотний осмос, очистка, стічні води, мембрана, хімводоочистка.

Статья отправлена: 25.11.2020 г.

© Грановська О.О., Беднарська І.С., Коцюба О.А.,
Колібабчук Н.О., Беднарська Я.С.



UDC 622.276.5.001.42

IMPROVED APPROACH TO THE INTERPRETATION OF GAS WELL STEADY-STATE MULTI-RATE PRODUCTION TEST

Burachok O.V.

ORCID: 0000-0001-9935-3970

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Karpatska str., 15, Ivano-Frankivsk, 76019 Ukraine***Boichuk T.R.**

ORCID: 0000-0001-6739-0187

*PJSC "Ukrnafta",
Nestorivskiy lane, 3-5, Kyiv, 04053 Ukraine***Kondrat O.R.**

d.t.s., Prof.

ORCID: 0000-0003-4406-3890

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Karpatska str., 15, Ivano-Frankivsk, 76019 Ukraine***Matkivskii S.V.**

ORCID: 0000-0002-4139-1381

*UkrNDIGas, PJSC "Ukrasvydobuvannia",
Himnaziyna embankment, 20, Kharkiv, 61010 Ukraine*

Abstract. The problems and issues of the gas well multi-rate production test were reviewed and evaluated. Factors leading to deviation of the well test interpretation results, particularly the dependence between drawdown squared and gas rate from the straight line, were reviewed and discussed. The key contributing factors are incomplete reservoir build-up due to short shut-in period or poor reservoir qualities; incomplete stabilization of bottom-hole pressure; wellbore scaling; liquid loading due to high condensate yield and/or formation water entering the wellbore from the aquifer or due to well integrity issues. The improved approach, based on the classic interpretation method, for the multi-rate production well test interpretation has been proposed. The proposed approach allows combination of several different factors that impact the final value of bottom-hole pressure, like incomplete build-up of reservoir pressure, incomplete stabilization of bottom-hole pressure, presence and accumulation of liquid in the wellbore that leads to liquid loading of the well, to be represented by one unified parameter. The value of combined parameter is calculated by introducing the special variables and functional minimization for the deviations between values calculated as root mean square function and inflow performance relationship (IPR).

Key words: Multi-rate well test, well test interpretation, functional minimization, straight-line method.

Introduction.

Multi-rate production test interpretation is a standard approach for identification of well productivity and deliverability. The test is performed in several steps by varying the chock size and reaching a steady-state flow condition that is confirmed by constant flow rate. In case of gas wells, due to its high compressibility, test interpretation is performed with squared pressure or pseudo pressure terms. These approaches lead to straight-line interpretation technique widely used and discussed in the variety of books [1, 3, 5, 9, 11, 16]. Multiple, different in origin, factors contribute to the wrong results of well-test interpretation based on the classic straight-line approach, resulting in the deviation from the straight line. Among the contributing factors are:



The article should begin with an introduction section, which includes the ideas and the basic objectives and approaches of the article, combining scientific knowledge, evidence-based information and logical discussions in different disciplines. This section should be written considering all readers. Technical terms, symbols and abbreviations should be defined when first used in the article are:

- Incomplete reservoir pressure build-up due short shut-in period or poor reservoir properties, especially in the case of low quality and low permeability rocks, tight gas and unconventional reservoirs [4, 8, 10];
- Incomplete stabilization of bottom-hole pressure [1];
- Wellbore scaling, that is common both for oil and gas wells [12];
- Liquid loading leading to the presence of liquid at the bottom of the well when the operating gas rate is smaller than the critical one. Liquid can enter the wellbore due to the encroachment of formation water, well integrity issues and water cross-flows behind the casing, high condensate yield etc. [2, 13].

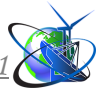
Several authors proposed alternative methods to multi-rate well test interpretations [7, 14, 15], but none of them considered the integration of multiple factors into one unified. In the current paper, the factors causing the deviation from the straight line of the dependency between squared drawdown and gas rate during the stabilized flow of gas have been evaluated. The new improved well test interpretation approach based on the classic methods has been proposed. Our proposed approach allows combination of multiple above stated factors into one unified. This is achieved by iterative minimization of the mismatch function based on the root mean squares for identification of A and B factors in the gas-well IPR.

One of the integral parts of gas field development planning is performance hydrodynamic computations. Depending on the approach and IPR used, these resistance coefficients can be averaged for the whole reservoir, for example when “average productivity well with increased wellbore” method is used [1], or used on a well-by-well basis, according to individual well-test interpretations in case of two- or three-dimensional multicomponent filtration [17]. In case of such computations, the resistance factors A and B are playing crucial role on accuracy of the forecast.

The classic method for identification of resistance factors is well-testing on 4-5 steady-state flow regimes (choke sizes) with interpretation following the standard methodology [18]. The disadvantage of this methodology is associated with three separate cases for interpretation of non-standard dependencies of square root difference between reservoir and bottom-hole pressure $p_r^2 - p_{bhp}^2$ versus gas rate Q . Deviation of the dependencies from ideal form in the standard methodology includes:

- 1) Incomplete build-up of reservoir pressure;
- 2) Incomplete stabilization of bottom-hole pressure;
- 3) Presence of the liquid at the bottom of the well.

In practice, very often, two, three or even more factors are present. Therefore, the purpose of current research was development of such a method, that will allow accounting for all above stated factors at the same time. The proposed solution is realized by introducing the special variables, that characterize deviation of true reservoir and bottom-hole pressure values from the computed ones, and further function minimization, that is equal to the sum of square root mismatches between



calculated values from the function and IPR.

Proposed Approach.

Now, let us describe the idea of the proposed approach and derive respective equations. Let us assume we have some given value of reservoir pressure p_r (pressure in the drainage area of the well), and we do not know if this value is a true reservoir pressure or not fully built-up. The well has been tested on multiple chokes (test steps N) with stabilized flowing conditions, flowing surface gas rate Q_i and flowing tubing head pressures $p_{wh\ i}$ are recorded for each test step i .

The gas IPR [1]:

$$p_r^2 - p_{bhp\ i}^2 = A Q_i + B Q_i^2 + \Delta \quad (1)$$

where p_r – reservoir pressure, MPa; $p_{bhp\ i}$ – bottom-hole pressure, MPa; Q_i – gas rate, $10^3 \text{ m}^3/\text{d}$; $A, \frac{\text{MPa}^2 \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{MPa} \cdot \text{s}}$ i $B, \left(\frac{\text{MPa} \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3}\right)^2$ – resistance factors; i – well-test step index.

Since, there are two main reasons that contribute to additional parameter Δ in equation (1), particularly inaccuracy in determination of reservoir and bottom-hole pressures. Therefore, we will introduce two corrections to account for deviation of true reservoir and bottom-hole pressure values from the computed ones, δ_r and δ_{bhp} . Δ term now defined as a function of δ_r and δ_{bhp}

$$\Delta(\delta_r, \delta_{bhp}) = \Delta(\delta_r) + \Delta(\delta_{bhp}), \quad (2)$$

where, according to [18]:

$$\Delta(\delta_r) = 2p_r \delta_r + \delta_r^2, \quad (3)$$

$$\Delta(\delta_{bhp}) = 2p_{bhp\ i} \delta_{bhp} + \delta_{bhp}^2. \quad (4)$$

bottom-hole pressures $p_{bhp\ i}$ will be calculated using Jones IPR [6].

With correction terms for pressures, equation for determination of resistance factors A and B , according to the formulation defined in [18], can be written as:

$$A(\delta_r, \delta_{bhp}) = \frac{\sum_i \frac{p_r^2 - p_{bhp\ i}^2 + \Delta(\delta_r, \delta_{bhp})}{Q_i} \sum_i Q_i^2 - \sum_i Q_i \sum_i [p_r^2 - p_{bhp\ i}^2 + \Delta(\delta_r, \delta_{bhp})]}{N \sum_i Q_i^2 - (\sum_i Q_i)^2}, \quad (5)$$

$$B(\delta_r, \delta_{bhp}) = \frac{N \sum_i [p_r^2 - p_{bhp\ i}^2 + \Delta(\delta_r, \delta_{bhp})] - \sum_i Q_i \sum_i \frac{p_r^2 - p_{bhp\ i}^2 + \Delta(\delta_r, \delta_{bhp})}{Q_i}}{N \sum_i Q_i^2 - (\sum_i Q_i)^2}, \quad (6)$$

The straight-line equation with coefficients A and B can be re-written to account for correction terms δ_r and δ_{bhp}

$$F(\delta_r, \delta_{bhp}) = A(\delta_r, \delta_{bhp}) + B(\delta_r, \delta_{bhp}) Q_i, \quad (7)$$

where, the left side is equal to

$$F(\delta_r, \delta_{bhp}) = \frac{p_r^2 + p_{bhp\ i}^2 - \Delta(\delta_r, \delta_{bhp})}{Q_i}. \quad (8)$$

Optimum values of correction factors are computed by root mean square functional minimization while solving the system of the following equations. Reservoir pressure is independent from the value of flowing bottom-hole pressure, and therefore, in the first equation, $\delta_{bhp} = 0$.

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial \delta_r} \sum_i \left(F(\delta_r, 0) - \frac{p_r^2 - p_{bhp\ i}^2 + \Delta(\delta_r, \delta_{bhp})}{Q_i} \right)^2 = 0 \\ \frac{\partial}{\partial \delta_{bhp}} \sum_i \left(F(\delta_r, \delta_{bhp}) - \frac{p_r^2 - p_{bhp\ i}^2 + \Delta(\delta_r, \delta_{bhp})}{Q_i} \right)^2 = 0 \end{cases}. \quad (9)$$



The system of equations (9) is solved with one of the iterative numerical methods for coefficients δ_r and δ_{bhp} , and then respective resistance factors A and B from the formulas (5) and (6).

Results.

The proposed approach was tested on one of the gas-condensate wells of Dnieper-Donetsk Basin with different potential condensate yields.

Well 1. Table 1 summarizes the recorder data during the well test. At the date of the test, the well was producing from the mid-depth interval of 4715 m SSTVD through 50.3 mm tubing with a gas-rate of $23 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, condensate-gas ratio 1239 g/m^3 , water-gas ratio 149 g/m^3 , reservoir pressure 29.92 MPa. Calculation of liquid-loading critical gas rate following the equations given in [5] indicated that $23 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ is not enough to bring all the liquids to the surface, resulting in liquid loading and its accumulation in the wellbore. Due to the evident presence of liquid in the bottom-hole, the value of reservoir pressure 29.92 MPa is very subjective.

The interpretation results were compared to the classic method (Table 2).

Table 1

Multi-rate well-test results of the Well 1

Flowing well-head pressure, MPa	Annulus pressure, MPa	Flowing bottom-hole pressure, MPa	Drawdown, MPa	Gas rate, $10^3 \text{ m}^3/\text{d}$
10.30	10.79	16.05	14.21	24
9.32	9.91	14.66	15.61	37
8.34	9.03	13.26	17.00	50
7.36	8.14	11.90	18.36	65
6.38	7.16	10.37	19.89	80

Table 2

Well-test interpretation results of Well 1

Resistance factor	Classic method	Proposed improved approach
$A, \frac{\text{MPa} \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{mPa} \cdot \text{s}}$	3.6231	4.8342
$B, \left(\frac{\text{MPa} \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3} \right)^2$	0.0109	0.0369

Well-test interpretation was performed using the classic method for the case with liquid present in the well-bore and using newly proposed approach, that last one indicated that the total factor Δ is equal 7.9 MPa, and resistance terms in IPR are higher, than in the case of classic method. Particularly, calculated value of the term B was three times higher $0.0369 \left(\frac{\text{MPa} \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3} \right)^2$ against $0.0109 \left(\frac{\text{MPa} \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3} \right)^2$. High value of B is related to the additional resistance in the inter-well area caused by presence of condensed hydrocarbon liquid phase when reservoir pressure dropped below the dew point.

Well 2. Gas-condensate well producing through 62 mm tubing from the perforation middle depth of 4930 m with average gas rate of $16,7 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, condensate-



gas ratio 30,7 g/m³ and water-gas ratio 20 g/m³. The current gas rate is below a critical limit that is necessary for prevention of liquid loading in the well-bore. Reservoir pressure recalculated from the shut-in well head pressure is equal 11,93 MPa. The well performance measured during the well test is given in the Table 3.

Table 3**Multi-rate well-test results of the Well 2**

Flowing well-head pressure, MPa	Annulus pressure, MPa	Flowing bottom-hole pressure, MPa	Drawdown, MPa	Gas rate, 10 ³ m ³ /d
4.71	5.69	7.73	4.20	40
5.10	6.18	8.03	3.90	34
5.49	6.47	8.44	3.49	30
5.89	6.87	8.87	3.06	24

Re-interpretation of the results performed according to the proposed method indicated that reservoir pressure was not properly built-up and underestimated by 4.13 MPa, while the flowing BHP term is underestimated by 1.55 MPa, resulting in total error term Δ 2.58 MPa. At the same time, both calculated resistance factors A and B are smaller than in the case of classic interpretation method (Table 4), showing that without improvement in the pressure terms well productivity could be undercounted.

Table 4**Well-test interpretation results of Well 2**

Resistance factor	Classic method	Proposed improved approach
$A, \frac{\text{MPa}^2 \cdot \text{d}}{10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{mPa} \cdot \text{s}}$	3.4924	2.5368
$B, \left(\frac{\text{MPa} \cdot \text{d}}{10^8 \text{ m}^3} \right)^2$	0.0359	0.0211

Well 3. Gas-condensate well producing through 62 mm tubing from the perforation middle depth of 4106 m with average gas rate of $26.5 \cdot 10^3$ m³, condensate-gas ratio 70 g/m³, water-gas ratio 29 g/m³. The current gas rate is below a critical limit necessary for prevention of liquid loading in the well-bore. Reservoir pressure recalculated from the shut-in well head pressure is equal 37.11 MPa. The well performance measured during the well test is given in the Table 5.

Table 5**Multi-rate well-test results of the Well 3**

Flowing well-head pressure, MPa	Annulus pressure, MPa	Flowing bottom-hole pressure, MPa	Drawdown, MPa	Gas rate, 10 ³ m ³ /d
13.08	15.55	18.76	18.35	43.4
10.60	12.36	15.44	21.67	51.3
9.02	10.68	13.40	23.71	56.9
10.68	12.43	15.56	21.55	51.6



In this case, the additional pressures terms resulted in underestimated reservoir pressure of 8.06 MPa and bottom-hole pressure by 5.44 MPa, mainly due to the influence of liquids present in the gas stream on mixture density. Both, linear A and quadratic B resistance factors are increased in comparison to classic method indicating higher degree of turbulence and poorer reservoir permeability (Table 6).

Table 6

Well-test interpretation results of Well 2

Resistance factor	Classic method	Proposed improved approach
$A, \frac{\text{MPa}^2 \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{mPa} \cdot \text{s}}$	31.9256	35.1771
$B, \left(\frac{\text{MPa} \cdot \text{d}}{10^3 \text{ m}^3} \right)^2$	0.1911	0.2307

Conclusions.

The key issues and factors leading to the deviation from straight-line of multi-rate steady state gas well-test interpretation results were reviewed. The classic well-test interpretation method is not able to account for multiple factors at the same time. Therefore, the new improved approach was proposed to allow combination of several factors into one unified and iterative solution for resistance factors in Jones IPR models. The proposed approach was applied and tested on several Dnieper-Donetsk gas-condensate wells with high liquid-gas ratio, evident liquid loading issues and incorrect value of reservoir pressure. Detailed description of the approach allows its easy and quick implementation for the interpretation of problematic gas and gas-condensate wells.

References:

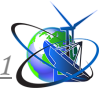
1. Boiko V.S., Kondrat R.M., Yaremiichuk R.S. (1996). Dovidnyk z naftogazovoi spravy. Lviv, 620 pp. ISBN 5-335-01293-5 (In Ukrainian).
2. Burachok O.V., Koval V.I. (2005). Novyi pidkhid do vyznachennia vybiinogo tysku v obvodnenykh gazokondensatnykh sverdllovynakh. Problemy naftogazovoi promyslovosti: Zb. nauk. prats. Vyp. 2, Kyiv, 2005. pp. 106-108. (In Ukrainian).
3. Dake L. P. (1998). Fundamentals of Reservoir engineering, Elsevier, Seventeenth Impression.
4. Earlougher R. C. (1977). Advances in Well Test Analysis, SPE Monograph Series, Vol. 5. Dallas. ISBN: 978-0-89520-204-8.
5. Ezekwe N. (2011). Petroleum Reservoir Engineering Practice. Pearson Education, Inc., 770 pp. ISBN 978-0-13-715283-4.
6. Jones L.G., Blount E.M., Glaze O.H. (1976). Use of Short Term Multiple Rate Flow Tests To Predict Performance of Wells Having Turbulence. SPE paper 6133. SPE Annual Fall Technical Conference and Exhibition, New Orleans, Louisiana, USA.
7. Ifechukwu, M., Adebawale, O. D. Overcoming Limitations of Empirical Steady State Models Using Multi Rate Testing, MRT. SPE paper 178353 was prepared for presentation at the Nigeria Annual International Conference and Exhibition held in Lagos, Nigeria.



8. Matthews C. S. & Russell D. G. (1967). Pressure Build-Up and Flow Tests in Wells. SPE Monograph Series, 1, Dallas. ISBN: 978-0-89520-200-0.
9. Mirzadzhanzade A.H., Kuznetsov O.L., Basniev K.S., Aliiev Z.S. (2003). Osnovy tekhnologii dobychi gaza. Moscow, OAO "Izdatelstvo "Nedra"", 880 pp. ISBN-5-247-03885-1 (In Russian).
10. Sulaimon A. A. & Omole O. (2004). Analysis of Multi-Rate Test Data Distorted by Wellbore Storage. SPE paper 88875. 28th Annual SPE International Technical Conference and Exhibition, Abuja, Nigeria.
11. Towler B. F. (2001). Fundamental Principles of Reservoir Engineering. SPE Textbook Series, Volume 8. ISBN: 978-1-55563-092-8.
12. Tjomsland T., Sandoy B., Halstein Fadnes F., McCartney R. (2010). Application of Multi-rate Well Tests to Scale Management. SPE paper 131011. SPE International Conference on Oilfield Scale, Aberdeen, United Kingdom.
13. Peffer J. W., Miller A. M., Hill A. D. (1998). An Improved Method for Calculating Bottomhole Pressures in Flowing Gas Wells With Liquid Present. SPE paper 15655.
14. Obeahon P. P., Daodu O., Sedgwick A., Okereke O. (2015). Alternative Approach to Multi-Rate Testing. SPE paper 178272. Nigeria Annual International Conference and Exhibition, Lagos, Nigeria.
15. Obeahon P. P., Daodu O., Sedgwick A. (2015). Gas Well Test Interpretation: Niger Delta Field Experience. SPE paper 178298. Nigeria Annual International Conference and Exhibition, Lagos, Nigeria.
16. Viakhirev R.I., Korotaiev Yu. P., Kabanov N.I. (1998). Teoriia i opyt dobychi gaza. Moscow, OAO "Izdatelstvo "Nedra"", 479 pp. ISBN 5-247-03801-0 (In Russian).
17. Zakirov S.N. et al. (1988). Mnogomernaia i mnogokomponentnaia filtratsiia: Spravochnoe posobie. Moscow, Nedra, 1988, 335 pp. ISBN: 5-247-00288-1. (In Russian).
18. Zotov G.A., Aliiev Z.S. (1980) Instruktssiia po kompleksnomu issledovaniiu gazovykh i gazokondensatnykh plastov i skvazhyn. Moscow, Nedra, 301 pp. (In Russian).

Article sent: 08/11/2020

© Burachok O.V.



УДК 621.311.16 + 622.278

**MODULE OF ENERGY COMPLEX
МОДУЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ****Sklyarenko E.V. / Скляренко Є.В.***Ph.d. / к.т.н.*

ORCID : 0000-0003-3952-6520

Vorobiov L.Y. / Воробйов Л.Й.*d.s., s.s. / д.т.н., с.н.с.*

ORCID : 0000-0001-7958-6996

SPIN: 6154-2069

*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a, M. Kapnist Str., Kyiv
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, вул. М. Капніст, 2а, Київ*

Анотація. Розглядаються перспективи застосування процесу термохімічної конверсії вугілля у водяний газ з використанням електричної енергії для вирівнювання добових графіків навантажень діючих електростанцій. Запропонована технологічна схема модуля енергетичного комплексу і розглянуті основи його функціонування. Енергетичний модуль складається з атомної електростанції, вугільної шахти, термохімічного перетворювача енергії (газифікатора вугілля) та теплової електростанції. Ефективність використання такого модуля, обумовлена можливістю вирішення проблем розбалансування паливно – енергетичного комплексу і підвищення екологічної безпеки країни.

Ключові слова: вугілля, термохімічна конверсія, водяний газ, накопичувачі енергії, екологія.

Вступ.

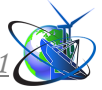
Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) України складається з двох основних галузей: електроенергетики та паливної промисловості. Основними постачальниками електроенергії є атомні електростанції (АЕС) та ТЕС (теплофікаційні станції комбінованого виробництва теплової і електричної енергії), їх робота забезпечується вугільною, газовою, нафтопереробною і атомною промисловістю.

Ефективність функціонування ПЕК знаходиться в прямій залежності від балансу виробленої енергетичної продукції і її споживання. Порушення такого балансу призводить до кризових явищ в енергетиці, що і спостерігається сьогодні в Україні.

Необхідно зазначити, що ця криза викликана різними чинниками: економічними (світова криза), наслідками Covid – 19 (суттєве зменшення електроспоживання), корупційними (оборудки в паливній промисловості, в угоду певним фінансово – промисловим компаніям), технічними (фізичний і моральний знос енергетичного обладнання) і ін. До технічних чинників також відносять проблеми викликані змінним графіком електричних навантажень.

На сьогодні, основними шляхами вирівнювання добових графіків навантажень електростанцій є збільшення їх регулюючої спроможності, створення страхового запасу генеруючих потужностей (на рівні 15-30%) та розвантаження енергоблоків.

Проте, розвантаження енергоблоків для проходження мінімальних навантажень, підвищує питомі витрати палива на вироблення електроенергії,



збільшує знос енергетичного обладнання, що потребує значних витрат на його ремонт і технічне обслуговування.

Одним з ефективних шляхів проходження пікових навантажень є оптимізація режимів роботи енергетичного обладнання електростанцій і споживачів, особливо промислових споживачів які спроможні забезпечувати широкий діапазон регулюючої потужності споживання електричної енергії (зокрема, в період нічного провалу).

В останні роки, в світовій енергетиці, значна увага приділяється різного роду накопичувачам енергії (НЕ). В НЕ здійснюється акумулювання енергії (електричної чи теплової), зберігання і її повернення в енергосистему. Основний техніко-економічний ефект від застосування НЕ досягається за рахунок більш рівномірного завантаження електростанцій і збільшення терміну їх експлуатації, економії палива, підвищення якості електроенергії, зменшення капітальних витрат на основне і допоміжне обладнання, зменшення забруднення довкілля і ін.

Важливим фактором розвитку енергетики сьогодення є екологічні проблеми, які виникають при використанні традиційних викопних палив, зокрема, через необхідність широкого використання вугілля, яке домінує в структурі ПЕК України.

Основний недолік вугілля як палива, пов'язаний з проблемами захисту довкілля при його добуванні, транспортуванні та спалюванні в теплоенергетичних установках.

Так, при видобуванні вугілля екологічні проблеми виникають при утворенні значних об'ємів шахтних відходів (у відвалах та териконах) і відходів збагачувальних фабрик (в шламонакопичувачах). З пилом і продуктами горіння териконів в довкілля попадає значна кількість шкідливих речовин (вуглеводнів, оксидів сірки і азоту, парникових газів, важких металів і ін.). При транспортуванні ж спостерігається вивітрювання значних об'ємів мілко дисперсного вугілля в навколишнє середовище. Крім того, переміщення значних об'ємів вугілля з зольністю до 30% і вмістом сірки до 50 кг на тону, є не тільки екологічною проблемою, але й економічною.

Атмосферні опади розчиняють значну кількість хімічних елементів шахтних відходів, створюючи навколо цих відвалів місця з високим вмістом солей, важких металів та інших шкідливих речовин, забруднюючи землю, повітря, ґрунтові води, що порушує санітарні норми довкілля.

Одною з головних проблем реалізації вугільної стратегії розвитку енергетики є постійне зниження його якості (середня зольність до 25%, а вміст сірки 2,5% і вище), що призводить до необхідності стабілізації процесу згоряння шляхом "підсвітки" (до 30%) природним газом чи мазутом, збільшення зносу обладнання та екологічного забруднення довкілля. Токсичність димових газів обумовлена вмістом в них окислів вуглецю, сірки, азоту, вуглеводнів, різних кислот та ряду інших шкідливих хімічних з'єднань, а також золи і пилу. Так, на ТЕС України припадає до 30% викидів шкідливих речовин, у тому числі до 59% SO₂, 10-12% NO_x та 25-27% твердих частинок [1].

Значний вплив на довкілля спричиняють золошлакові відходи



електростанцій, загальна кількість їх накопичення оцінюється більш як в 200 млн. т [2, 3]. Крім того, електростанція яка працює на вугіллі, викидає в атмосферу більше радіоактивних речовин (радію, торію, полонію і ін.) ніж атомна станція такої ж потужності.

Актуальність вирішення вищезазначених проблем очевидна, оскільки їх вирішення буде сприяти підвищенню, як екологічній, так і енергетичній безпеці України.

Основний матеріал.

Метою даної роботи є пошук шляхів підвищення ефективності функціонування ПЕК України та зменшення його шкідливого впливу на довкілля.

Проведений аналіз літературних джерел показав, що одним з дієвих шляхів вирішення паливно-екологічних проблем є термохімічний метод підвищення ефективності використання органічного палива, який впродовж багатьох років розроблявся в Інституті технічної теплофізики НАНУ [4,5].

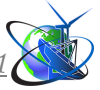
В основі цього методу лежить принцип попередньої термохімічної переробки (конверсії) твердого вихідного палива з наступним використанням вже нового (рідкого чи газового) палива, для генерації теплової та електричної енергії. Так, перспективним напрямком розвитку енергетики розглядаються парогазові установки (ПГУ), що працюють на вугіллі з прямим його згорянням в циркулюючому киплячому шарі та з газифікацією вугілля під тиском, глибокою очисткою отриманого горючого газу і його спалюванням в камері згоряння газотурбінної установки (ГТУ). Парогазові установки з внутрішньо цикловою газифікацією вугілля мають високий термічний ККД (46...48%), екологічну чистоту процесу, а також мають широкі можливості роботи в маневрових режимах.

В даній статті розглядається можливість використання цього методу для вирішення проблеми розбалансування енергетичної системи, покриття змінної частини графіку електричних навантажень та зменшення забруднення навколишнього середовища.

Суть пропозиції полягає в створенні паливно-енергетичного модуля, до складу якого входять: вугледобувна шахта, атомна електростанція, яка виробляє електроенергію з оптимальним навантаженням, а також ТЕС, що працює на газовому паливі і забезпечує широкий діапазон регульованої потужності. Крім того, такий модуль включає термохімічний перетворювач енергії (ТХПЕ). При його допомозі, енергетичний потенціал вугілля, в ході процесу термохімічної конверсії перетворюється в нове газоподібне паливо. Зокрема, пропонується процес парової конверсії вугілля для отримання водяного газу, згідно приведеної реакції (1):



Даний процес відбувається при взаємодії розжареного вуглецю палива з водяною парою. Склад «ідеального» водяного газу (в % об) в такому процесі складає: CO – 50, H₂ – 50. Теоретична кількість водяного газу, що утворюється на 1кг вуглецю становить 3,73нм³. Його теплота згоряння становить 11,76 МДж/нм³.



При цьому, реакція утворення водяного газу є ендотермічною. Тобто, компенсація теплових втрат по реакції і інших втрат, пов'язаних з роботою ТХПЕ, забезпечується підведенням теплоти в зону реакції, від стороннього джерела енергії. Підведення цієї теплоти здійснюється різними відомими способами. Одним з таких способів є нагрівання шару палива електричним струмом. Згідно закону Джоуля – Ленца, кількість теплоти яка виділяється при проходженні електричного струму по провіднику (шар палива) становить:

$$Q = RI^2\tau \text{ Дж} \quad (2)$$

де: R - опір провідника, Ом; I - сила струму, А; τ - час дії струму, с.

Нагрівання шару палива електричним струмом дає можливість легко і в широких межах регулювати температуру процесу і отримувати горючий газ високої якості.

Так, в роботі [6] приводиться приклад роботи електрогазогенератора водяного газу одного з хімічних заводів в Норвегії:

- склад отриманого водяного газу, % об.: $\text{CO} - 48,0$; $\text{H}_2 - 50,0$; $\text{CO}_2 - 1,0$; $\text{N}_2 - 1,0$;
- нижча теплота згоряння газу становить $11,5 \text{ МДж/нм}^3$;
- питомі витрати електричної енергії - $1,45 \text{ кВт} \cdot \text{год/нм}^3$.

Проте, широкому поширенню такого способу газифікації твердого палива завадили високі питомі витрати електроенергії, що потребувало значних додаткових потужностей електростанцій.

Сьогодні, при наявності АЕС з найбільш дешевою електроенергією, є можливість її використання (в режимах мінімальних пікових навантажень енергетичної системи), в запропонованому паливно – енергетичному модулі для термохімічної конверсії вугілля у водяний газ.

Структурна технологічна схема такого модуля представлена на рис.1.

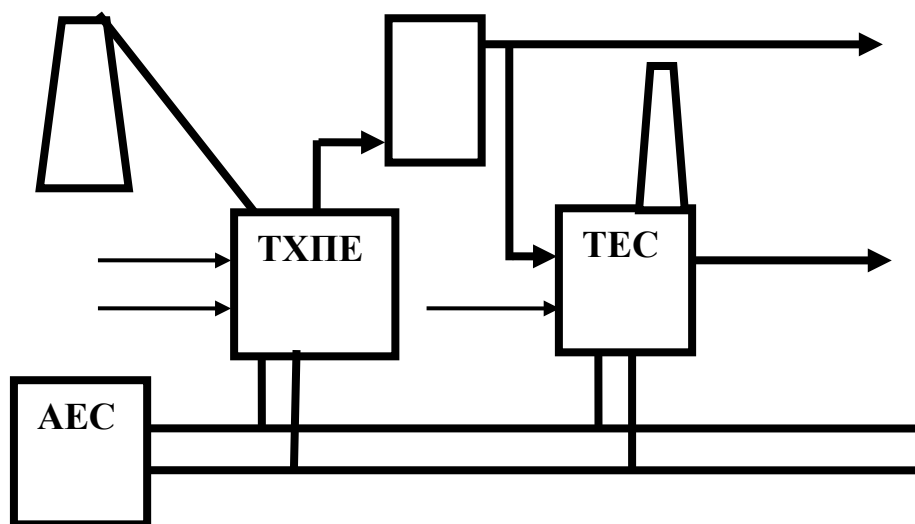


Рис.1 Структурна технологічна схема паливно – енергетичного модуля для покриття пікових навантажень енергетичної системи

1 – вугільна шахта; 2 – атомна електростанція (АЕС); 3 – термохімічний перетворювач енергії (ТХПЕ); 4 – газгольдер (накопичувач) водяного газу; 5 - ТЕС ; I – вугілля; II – електроенергія; III – повітря; IV – водяна пара; V – водяний газ; VI – теплова енергія.



Суть запропонованого способу покриття пікових навантажень енергетичної системи полягає в наступному.

Припустимо, що вугільна шахта 1 видобуває 1500 т/добу (62,5т/год) вугілля. Його подають в ТХПЕ 2, який доцільно розташовувати в безпосередній близькості до шахти, для скорочення транспортних витрат. В період пікового провалу (наприклад, нічний час доби) електроенергія з АЕС 3 (з розрахунку 1,45 кВт·год/нм³) подається в ТХПЕ, для реалізації процесу парової конверсії вугілля у водяний газ. При середньому виході водяного газу 2,2 нм³/кг вугілля, буде отримано 137,5 тис. нм³ газу (54,0 т у.п., при теплоті згоряння газу 11,5 МДж/нм³) і затрачено 199,4 тис. кВт·год електричної енергії. Використання електроенергії від АЕС для термохімічної конверсії вугілля, дозволить підтримувати потужність АЕС в оптимальному режимі її роботи, не вдаючись до розвантаження енергоблоків чи повної їх зупинки в період нічного провалу.

Отриманий водяний газ після очистки і осушки накопичується в газгольдері, а потім трубопровідним транспортом подається до споживача, наприклад, на ТЕС для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (у співвідношенні 20 : 60%, від енергетичного потенціалу енергоносія). Розрахунки показують, що при цьому може бути вироблено 29,6 тис. кВт·год електроенергії і 190,0 Гкал теплової енергії (при середніх питомих витратах умовного палива, відповідно, на відпуск електричної енергії - 0.365кг у.п./кВт·год. і 170 кг у.п./ Гкал теплової енергії). Розрахункові дані роботи паливно – енергетичного модуля при різній продуктивності ТХПЕ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Розрахункові дані роботи паливно – енергетичного модуля при різній продуктивності ТХПЕ

Витрати вугілля і його вартість, т-год / тис. грн	Вихід водяного газу і його енергетичний потенціал, тис.нм ³ -год/ т у.п.	Витрати електричної енергії і її вартість, тис.кВт.год /тис.грн	Вироблена електрична енергія на ТЕС, тис.кВт. год/тис. грн	Вироблена тепла енергія на ТЕС, Гкал.год / тис. грн
25 / 37,5	55,0 / 21,6	79,7 / 47,8	11,8 / 7,1	76,3 / 126,2
50 / 75,0	110,0 / 43,2	159,5 / 95,7	23,7 / 14,2	152,5 / 252,3
62,5 / 93,7	137,5 / 54,0	199,4 / 119,6	29,6 / 17,8	190,0 / 314,3
75 / 112,5	165,0 / 64,8	239,3 / 143,6	35,5 / 21,3	228,8 / 378,5

Економічні показники роботи паливно – енергетичного модуля в залежності від продуктивності ТХПЕ у тонах на годину узагальнено графіками на рис. 2.

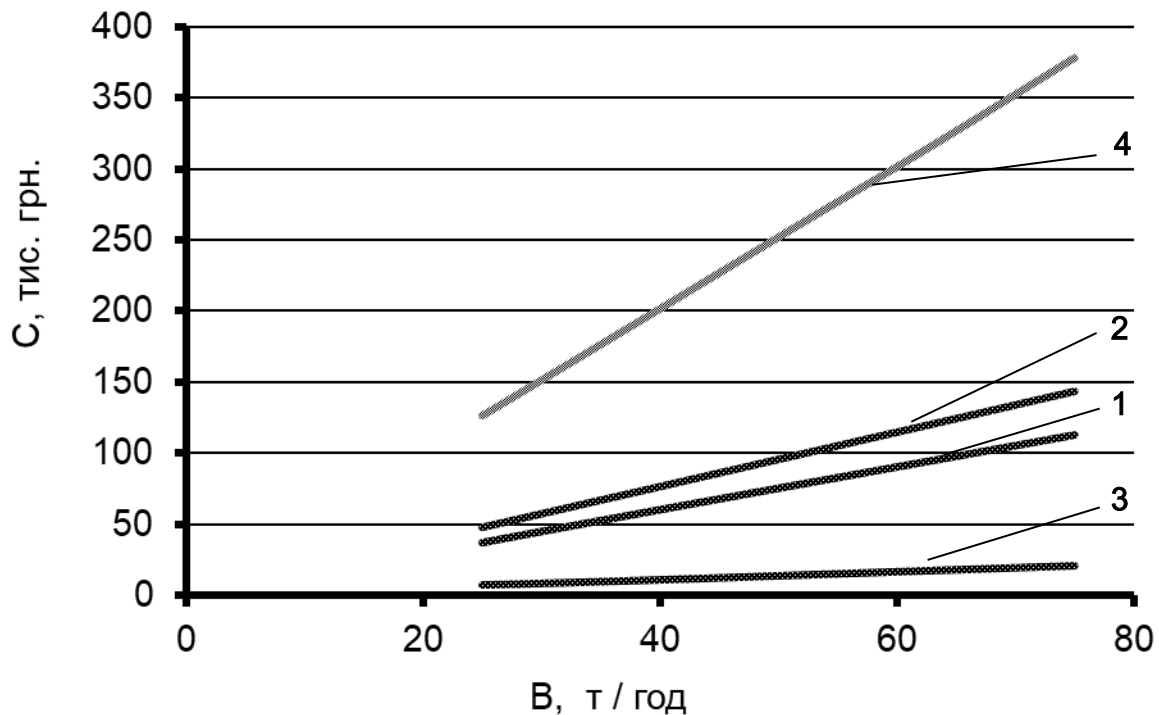
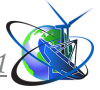


Рис.2 Економічні показники роботи паливно – енергетичного модуля в залежності від продуктивності (В, т/год) ТХПЕ

1- витрати на вугілля; 2 – витрати на електричну енергію; 3 – вартість виробленої електричної енергії; 4 – вартість виробленої теплової енергії.

Підрахунки показують, що переробка 1т вугілля, в паливно – енергетичному модулі, може принести дохід більше 17 млн. грн. на рік. При цьому, додатково буде отриманий зиск від скорочення шкідливих викидів у довкілля і збереження та створення нових робочих місць.

Висновки.

Проведений аналіз показав, що основними тенденціями розвитку світової енергетики є її економічність, екологічність і соціальна безпека. Створення запропонованого паливно – енергетичного модуля в повній мірі сприяє вирішенню цих задач. Так, реалізація запропонованого паливно – енергетичного модуля дозволяє:

1. Акумуляувати електричну енергію (наприклад, АЕС) в хімічну енергію водяного газу піролізу вугілля і його використання для проходження пікових навантажень енергетичної системи.
2. Досягти стабільної, найбільш ефективної, та безпечної роботи АЕС.
3. Досягти стабільної роботи вугільної шахти, з гарантованою реалізацією видобутого вугілля.
4. Спалювання водяного газу на ТЕС, для отримання теплової і електричної енергії, сприяє зниженню собівартості їх виробництва, а також суттєвого зменшення забруднення довкілля продуктами згоряння, шлаковими і золовими відходами.



5. Шлакові відходи з ТХПЕ можуть бути захороненні шляхом забутування відробленого простору шахти, що скорочує транспортні витрати, зменшує земельні площі під складування таких відходів і забруднення довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Паливно-енергетичний комплекс України у цифрах і фактах / Ковалко М.П., Віхарєв Ю.О., Денисюк С.П., Єрохін О.О., Ковальов О.В., Ніколаєв Є.І., Осінчук З.П.; за редакцією Ковалка М.П. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2000. – 152 с.
2. Бабий В.Ф. Современные тепловые электростанции как источник загрязнения атмосферного воздуха канцерогенными полициклическими ароматическими углеводородами и окислами азота // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. -1986. - №10. – С. 24 – 39.
3. Телиженко О.М., Яструбинский В.И. Экономическая оценка влияния тепловых электростанций на окружающую среду. – Сумы, 1999. – 76 с.
4. Носач В.Г. Энергия топлива. – Киев: Наук. думка, 1989. – 148с.
5. Носач В.Г. Повышение экологической безопасности угледобычи путем термохимической переработки углесодержащих отходов / В.Г. Носач, В.И.Родионов, А.А. Шрайбер, Е.В. Скляренко // Промышленная теплотехника, 2003, т.25, №4. – С.86 – 89.
6. С.Д. Федосеев, А.Б. Чернышев. Полукоксование и газификация твердого топлива.- М.: Гостоптехиздат.- 1960. – 327с.

Annotation. Prospects for the application of thermochemical conversion of coal into water gas using electric energy to equalize the daily load schedules of existing power plants are considered. The flow chart of the energy complex module is proposed and the basics of its functioning are considered. The power module consists of a nuclear power plant, a coal mine, a thermochemical energy converter (coal gasifier) and a thermal power plant. The efficiency of using such module is due to the possibility of solving the problems of imbalance in the fuel and energy complex and increasing the country's environmental safety.

Key words: coal, thermochemical conversion, water gas, energy storage, ecology.

Стаття підготовлена у рамках виконання науково-дослідної відомчої тематики ІТТФ НАН України, тема «Розвиток методів та засобів підвищення екологоенергетичної ефективності в газотурбобудуванні та теплоенергетиці» (шифр 1.7.1.896).

Стаття відправлена: 17.11.2020 г.
© Скляренко Є.В, Воробйов Л.Й.



UDC 669-15

SOME FEATURES OF CERAMIC FOAM FILTERS ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES DEVELOPMENT**Gevorkyan E. S. / Геворкян Э. С.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0003-0521-3577

*Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feierbakh sq., 7, 61050**Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,**Харьков, пл. Фейербаха, 7, 61050***Nerubatskyi V. P. / Нерубацкий В. П.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4309-601X

SPIN: 5106-4483

*Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feierbakh sq., 7, 61050**Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,**Харьков, пл. Фейербаха, 7, 61050***Gutsalenko Yu. G. / Гуцаленко Ю. Г.***senior staff scientist / старш. науч. сотр.*

ORCID: 0000-0003-4701-6504

*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Kyryuchova str., 2, 61002**Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,**Харьков, ул. Курпичёва, 7, 61002***Morozova O. M. / Морозова О. Н.***postgraduate / аспирантка*

ORCID: 0000-0001-7397-2861

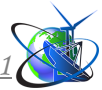
*Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feierbakh sq., 7, 61050**Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,**Харьков, пл. Фейербаха, 7, 61050*

Abstract. The technological features of ceramic foam filters production of have been investigated, an effective technology for their production has been developed, as well as analysis and calculation of energy efficiency of various technologies using electric furnaces of various designs has been carried out. Feasibility study was carried out for the developed technology application in industry, depending on the relative duration, energy intensity of heating and high-temperature holding in the thermal cycle of alumina ceramics without additives of other metal oxides and with 2 % additions of titanium and manganese dioxides under equivalent and real conditions of experimental laboratory production. Physical and mechanical characteristics of filters developed are given.

Key words: titanium dioxide, catalyst, aluminum oxide, burning, ceramic foam filter, thermal cycle, electric furnaces, energy consumption.

Introduction.

At present, ceramic filters are widely used in metallurgy and other industries [1, 2]. Despite their advantage in the use of high temperatures, in particular in metallurgy, thigh energy consumption of the technology for their production is obvious [3]. From this point of view, it is important not only to develop effective technologies for their production, but also to analyze the energy efficiency of the application of a particular technology in each specific case. The studies carried out in the work show that, depending on the technology used for producing ceramic filters,



it is also necessary to take into account the peculiarities of using furnaces of various designs, this is extremely important, since it strongly affects the cost of the filters themselves and the technology as a whole.

Main text.

Porous structures created, both foamy (Fig. 1, *a*) and honeycomb (Fig. 1, *b*) can be used as filters for purifying various liquids and melts. On the other hand, research shows that the ceramic foam structure can be used as a catalyst carrier for afterburning of harmful vehicle exhaust gases.

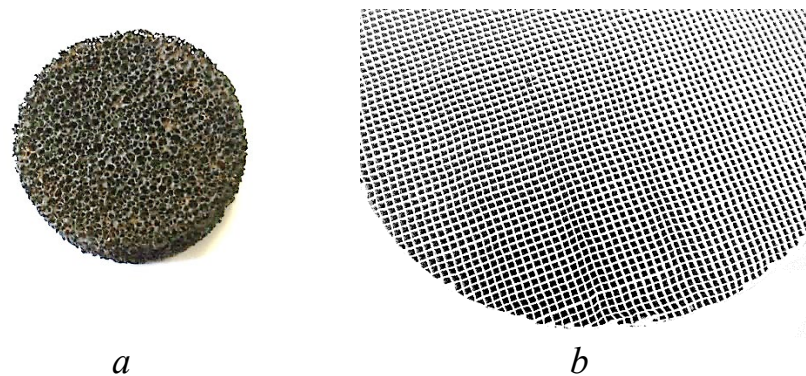


Fig. 1. Appearance of filters:

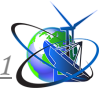
a – ceramic foam filter; *b* – ceramic honeycomb filter

From technological point of view, foam filters are easier to manufacture than honeycomb filters. This is due to the fact that for the production of foam filters there is no need to produce an expensive extruder which should be changed periodically. Filters with a foam structure are easier to mold due to the fact that there is no need to squeeze out the paraffinized mass through special extruder. There is also no need to distill off the paraffin. This process is usually very slow and time-consuming, which significantly reduces filter production productivity. Catalytic coating technology remains the same as with ceramic honeycomb filters. Use of submicron alumina powders allows to reduce sintering temperature and holding at the maximum temperature, which also reduces the duration of the technological cycle [4, 5].

During operation, foamy filter element must provide sufficient strength and heat resistance when purifying various metal melts. In some cases, during the burning of large foam filters, due to the temperature gradient in the furnace, cracks can form, which lead to filter breakage during operation. In order to avoid such defects, furnace lining, where the burning takes place, must provide sufficiently uniform thermal insulation.

In particular, foam filter is used for aluminum melts purification. The use of foam filters in the foundry industry provides effective trapping of non-metallic inclusions dispersed in the metal, degassing of the melt and, as a result, guarantees the production of high-quality castings with improved mechanical properties and surface quality.

A special layer, made of special catalytic coating is chemically applied to the surface of a foamy ceramic catalyst carrier to neutralize exhaust gases from internal combustion engines. Application of catalytic coatings was tested without use of



expensive platinum and palladium metals.

The developed series of ceramic foam blocks (open-porous foam ceramics made of aluminum oxide modified with magnesium oxide – 2 wt%, aluminium phosphate – 10 wt%, titanium dioxide – 2 wt%, pre-burning time constitutes 1 hour) has a catalytic coating containing metal oxides compounds – molybdenum, tungsten and manganese. After blocks drying in air for 1 hour at a temperature of 250 °C, oxidative burning was carried out (at 860 °C for 30 minutes). To increase carrier surface, foam blocks were etched before applying the catalytically active layer (in 50 % nitric acid for 1 hour at a temperature of 20 °C).

The tests carried out have shown the efficiency of using foamy ceramic carriers, since the resulting branched foamy structure improves the quality of purifying. In case of ceramic honeycomb structures, expensive, complex extrusion tooling is used. From this point of view, the manufacture of foam structures is much easier. Test results showed that degree of purification of harmful emissions of the developed catalyst complies with Euro–3 standards, where great importance is given to pressure drop of gases passing through catalyst surface, since this factor greatly affects decrease in the internal combustion engine power. For this purpose, benchmark trials were carried out to determine the conditions for passage of exhaust gases through the catalyst. Results are shown in Fig. 2 and are given in table 1. According to Euro–3 standards, the resulting pressure drop, which is the difference between exhaust gases pressure at the inlet and outlet of the catalyst, is enough not to reduce engine power.

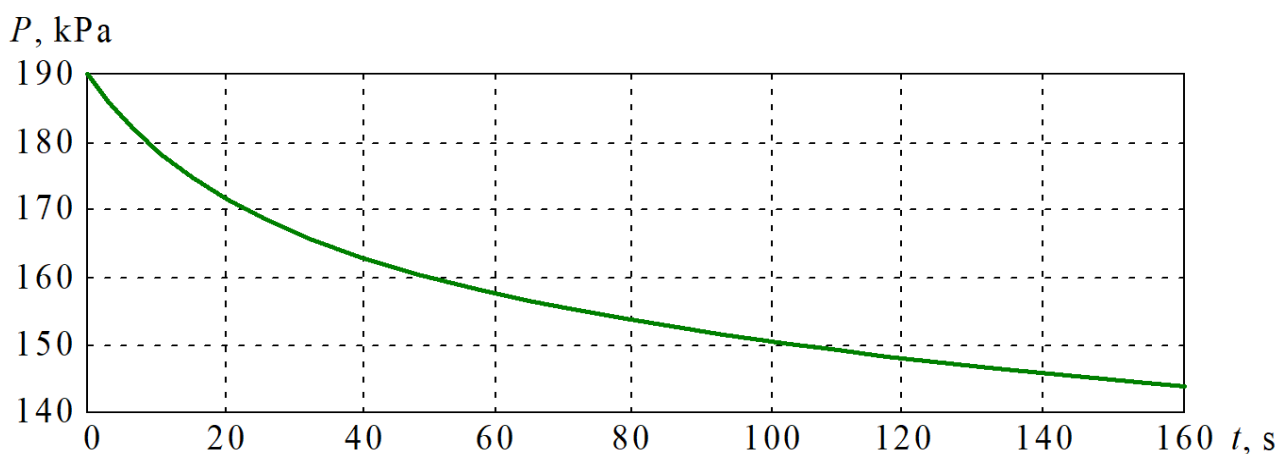


Fig. 2. Drop in exhaust gas pressure when the engine is running at 2000 rpm and power 90 N·m

Table 2 shows properties of foam filters with different porosities.

For comparison, filters by Cerapor (Germany) currently used at some Ukrainian enterprises have a compressive strength of no more than 1 MPa.

Limitation of technological process maximum temperature allows us to consider alternative options for thermal equipment for its implementation, which are less complicated and therefore more reliable, less costly at all stages of the life cycle. Transfer of heat engineering processes as a result of their improvement to lower temperatures of implementation while ensuring the necessary functionality of the manufactured product leads, as a rule, to a reduction in thermal cycle of its formation



and, consequently, to production intensification [6, 7]. This fully relates to the tasks of improving the thermal cycles of sintering ceramics and corresponds to global trends in ceramic industries improvement [8, 9]. The goal is to formulate the main ways of realizing technical and economic advantages of the completed development during its development by domestic manufacturers. At the same time, we will not yet consider the financial side of the issue in absolute terms in the practice of calculations and comparisons, since modern domestic industry is developing in transitional economy, one of the characteristic realities of which is, in one way or another, manifested, including in electricity tariffs as well as in relative state financial system instability.

Table 1

Results of testing a catalyst with ceramic foam carrier that was run-in for 5 hours

	$T, ^\circ\text{C}$	CO %	NO (PPM)	CH and rex (PPM)
Normal mixture				
before	170	5.5	21.4	400
after	305	0.28...0.32	19.1	230...280
% change		94 %	eight %	40 %
$n = 2,500 \text{ rpm}; N = 19 \text{ N}\cdot\text{m}$				
before	380	1...1.2	499	250...260
after	391	0.01	16	130
% change		99 %	97 %	49 %
$n = 2,500 \text{ rpm}; N = 66 \text{ N}\cdot\text{m}$				
before	325	2.5	320	280
after	390	0.28...0.32	13.2	220
% change		88 %	96 %	21 %
Fortified mixture $n = 2,500 \text{ rpm}; N = 9 \text{ N}\cdot\text{m}$				
before	200	2.2...2.3	70.3	300...320
after	270	0.15...0.18	14	300...330
% change		93 %	80 %	0 %
$n = 2,500 \text{ rpm}; N = 15 \text{ N}\cdot\text{m}$				
before	365	0.5	167.4	240
after	350	0.01	14	220
% change		98 %	92 %	8 %
$n = 2,500 \text{ rpm}; N = 20 \text{ N}\cdot\text{m}$				
before	365	3...3.3	114.3	250...260
after	350	0.03...0.04	13.7	250
% change		99 %	88 %	0 %



Table 2

Physical and mechanical characteristics of ceramic foam filter made of aluminum oxide at sintering temperature of 1,350 °C

Indicators	Unit of measurement	1	2	3
Number of pores per 5 linear centimeters (5 ppi)	PC.	40	30	20
Compressive strength, not less than	MPa	1.6	1.4	1.4
Hydraulic resistance, no more	Pa/cm	15...80	15...80	15...80
Porosity, not less	%	75	80	80
Temperature resistance 800 °C air, not less	Heat shifts	1	1	1
Thermal conductivity	W/m·K	0,4	0,4	0,4

To compare energy consumption of different filter ceramics technologies, the following calculation scheme was adopted. Firstly, each variant of thermal cycle is considered as a combination of heating and high-temperature holding stages (the cooling stage together with the furnace or outside of it is not considered in operation, as either one, that doesn't need any electric power support, or one, carried out with a relatively low energy consumption of such support). The sequence of stages corresponds to non-decreasing sequence of heating and high-temperature holding temperature values, specified in a certain way by process regulations.

The temperature boundaries of each i -th stage are such values, within which the heating intensity is kept constant and equal to some value:

$$I_i = I_i \cdot (T_i - T_{i-1}). \quad (1)$$

For the stages of high-temperature holding, $T_i = T_{i-1}$ and $I_i = 0$, in addition to I_i and T_{i-1} , is determined by the characteristics of the stage by the average temperature in the range (T_{i-1}, T_i) , which we will call the equivalent temperature

$$T_{ei} = \frac{T_{i-1} + T_i}{2}, \quad (2)$$

assuming, in the general (nonlinear) case, the equality fulfillment as an equivalence criterion:

$$\int_{\tau=\tau(T_{i-1})}^{\tau=\tau(T_i)} T_{(\tau)} d\tau = T_{ei} \cdot \Delta\tau_i, \quad (3)$$

where τ – the current time, hour; $\Delta\tau = \tau(T_i) - \tau(T_{i-1})$, hour.

Secondly, based on well-known approaches widely used in calculating the economic efficiency of new technology, calculated (design) operating energy consumption of thermal equipment of various applications, designs and standard sizes is taken proportional to the installed capacity of the equipment.

According to the second law of thermodynamics, the elementary amount of heat δQ is proportional to the absolute temperature of the system T and the change in its entropy dS [10]:



$$\delta Q = k \cdot T \cdot dS, \quad (4)$$

where k is coefficient determined by the degree of process reversibility, $k = 1$ for reversible processes, $k < 1$ for irreversible processes.

Consequently, in the first approximation, neglecting the partial irreversibility of real thermal processes, it is fair to assume that the instantaneous absolute temperature of the system is determined by the ratio of instantaneous changes in its heat capacity and entropy. An instant (in an arbitrarily small unit of time) increase in the heat capacity of the system by an additional (external) energy-consuming (electric power) effect leads to an instant increase in the temperature of the system corresponding to the instantaneous power of such an additional effect. The resulting identification characteristic of this process with uniform (controlled) system heating at some stage of thermal cycle is the change in system temperature, determined by intensity and time of heating [11].

Thus, for each i -th stage of the thermal cycle, by analogy with equation (2) and taking into account the passport characteristics of the power $N_{\max}$ (kW) developed by the furnace and its maximum operating temperature $T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$), as well as the initial temperature T_0 ($^{\circ}\text{C}$) furnace operating chamber in the thermal cycle, you can calculate the equivalent power N_{ei} (kW), that is, its average value:

$$N_{ei} = \frac{T_{ei} - T_0}{T_{\max} - T_0} \cdot N_{\max}. \quad (5)$$

Note that operating with the dimension of temperature $^{\circ}\text{C}$ was undertaken in this work insofar as, firstly, such an operation is possible due to the difference estimates of the temperature factor and, secondly, from the considerations that this scale is mainly used in describing thermal processes in domestic practice.

Approximation (5) allows to obtain rough estimates in conditions of uncertainty of the characteristic "instantaneous power – instantaneous furnace temperature" at idle (no load), when solving a priori predictive (design) problems associated with preliminary analysis and selection of technological solutions.

Obviously, in this case, the equality criterion is the equality

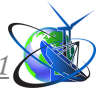
$$\int_{\tau=\tau(T_{i-1})}^{\tau=\tau(T_i)} N_{(\tau)} d\tau = N_{ei} \cdot \Delta\tau_i, \quad (6)$$

which at $T_0 = 0^{\circ}\text{C}$ is related to expression (3) by the proportionality coefficient $N_{\max}/T_{\max}$ (kW/ $^{\circ}\text{C}$), which is a complex characteristic parameter of the furnace. Expression (6) determines energy consumption for the i -th stage of the thermal cycle. For the entire heating cycle and high-temperature holding, we have:

$$W = \sum_{i=1}^{i=n} N_{ei} \cdot \Delta\tau_i, \quad (7)$$

where W – energy consumption, kW·hour; n is the number of stages in the thermal cycle of heating and high-temperature holding.

Parameters T_{Σ} and N_{Σ} , calculated for the cycle as a whole, can be used as indirect expert estimates of thermal cycles of heating and high-temperature holding. When the cycle is discretized into a finite number of stages, we have:



$$T_e = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} T_{ei} \cdot \Delta \tau_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta \tau_i}; \quad (8)$$

$$N_e = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} N_{ei} \cdot \Delta \tau_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta \tau_i}. \quad (9)$$

Fig. 3 shows the cyclograms of heating and high-temperature holding in intensified thermal cycles of the production of alumina ceramic filters.

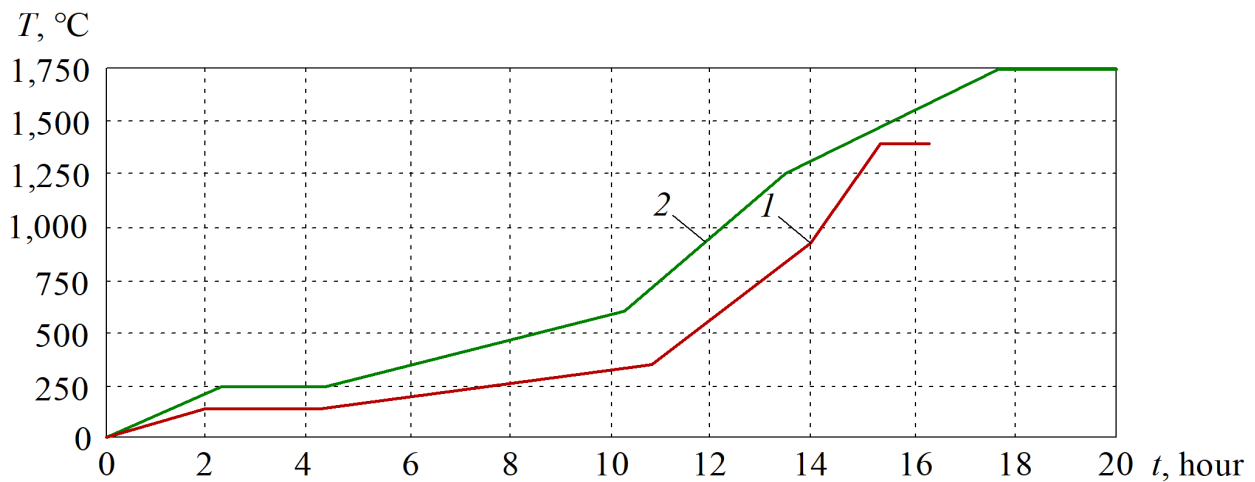


Fig. 3. Cyclograms of heating and high-temperature holding in thermal cycles of porous alumina ceramics technologies without additives of other metal oxides (1) and with two percent additions of titanium and manganese dioxides (2)

From comparison of cyclographic characteristics of the temperatures and times necessary and sufficient for the formation as a result of heating and high-temperature exposure, which are functionally successful in the refining of liquid aluminum, alumina other metal oxides and by the technology with two percent additions of titanium and manganese dioxides, there is unconditional advantage of the second technology.

The completion time of its heating cycle and high-temperature holding (16.2 hours) is 19 % shorter, and the maximum temperature in the cycle (1,350 °C) is 20 % less, which allows the use of simpler and less power-consuming furnace equipment.

Table 3 shows some operating characteristics of these thermal cycles, as well as furnaces used in their implementation in experimental laboratory production; here and under the same (comparable) conditions, typical analogue (with the addition of 13 % chromium oxide), considered in [12] when developing intensified technologies, was determined. According to these operating characteristics and the accepted design scheme using dependencies (2), (5) and (6), respectively, the values of T_{ei} , N_{ei} and W_i were obtained for the heating and high-temperature holding stages for each of the technologies.



Table 3

Power consumption and energy consumption in the thermal cycle of various technologies of porous alumina ceramics in real conditions of experimental laboratory production

Technology	Characteristics of the laboratory furnace		Characteristics of technology stages	Sequence of heating and high-temperature holding stages					
	Maximum working temperature, °C	Maximum power, kW		I	II	III	IV	V	VI
Typical with 13 % Cr ₂ O ₃ additive	1,400	2.5	Stage duration, hour	1.75	1	12.5	1	14.15	5
			Average temperature, °C	72.5	125	312.5	500	925	1,350
			Average power, kW	0.1	0.19	0.53	0.87	1.64	2.41
			Energy costs, kW·h	0.17	0.19	6.62	0.87	23.2	12.05
Intensified without metal oxide additives	2,500	35	Stage duration, hour	2.3	2	5.8	3.25	4.15	2.5
			Average temperature, °C	135	250	425	925	1,500	1,750
			Average power kW	1.62	3.25	5.72	12.77	20.89	24.42
			Energy consumption, kW·h	3.73	6.49	33.15	4.51	86.68	61.04
Intensified with additions of 2 % TiO ₂ + 2 % MnO ₂	1,400	2.5	Stage duration, hour	2.15	2	6.65	3.05	1.35	1
			Average temperature, °C	85	150	250	625	1,150	1,400
			Average power kW	0.12	0.24	0.42	1.1	2.05	2.5
			Energy consumption, kW·h	0.25	0.47	2.77	3.34	2.76	2.5

Fig. 4 illustrates resulting advantages of relatively low-temperature technology using two percent additions of titanium and manganese dioxides over the technology of monoxide corundum ceramics in terms of time and energy consumption of heating and high-temperature holding. Here, let us pay attention to the fact that under equivalent conditions of experimental laboratory production, that is, with the use of a deliberately less economical replacement for a vacuum furnace ($N_{\max} = 35$ kW, $T_{\max} = 2,500$ °C), which is, if necessary, used in the production of ceramics only from aluminum oxide, the advantages of the considered polyoxide technology in terms of energy consumption of heating and high-temperature holding also remain very significant.

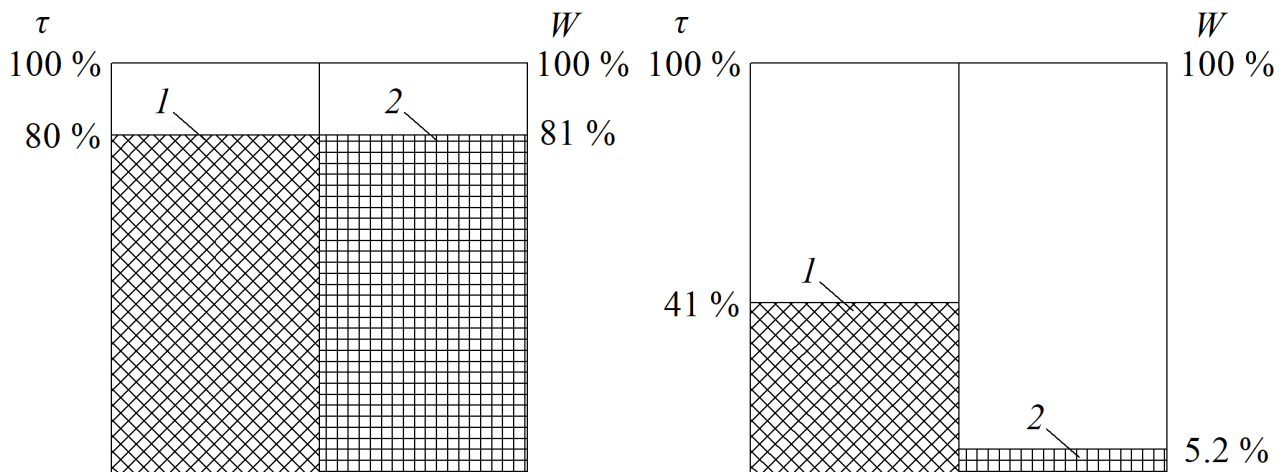


Fig. 4. Relative duration (τ) and energy consumption (W) of heating and high-temperature holding in the thermal cycle of alumina ceramics without additives of other metal oxides (100 %) and with two percent additions of titanium and manganese dioxides under equivalent (1) and real (2) experimental conditions of laboratory production

Calculated total energy savings with the adoption of a polyoxide technological alternative is 41 % in comparable technical experimental laboratory conditions (furnace parameters: $N_{\max} = 35$ kW, $T_{\max} = 2,500$ °C) and 5.2 % – under conditions of burning alumina ceramics using additions of titanium and manganese dioxides in a furnace with $N_{\max} = 2.5$ kW, $T_{\max} = 1,400$ °C.

If the comparison of energy consumption of analyzed technological solutions is carried out only according to the maximum power consumed by the furnace, as is suggested by traditional methods, for example, [13], then assessment of relative energy consumption of the polyoxide alternative in comparable and real experimental laboratory conditions will be 81 % and 5.2 % respectively.

Discrepancy between absolute estimates of energy consumption of the cyclograms implementation in Fig. 4 for mono- and polyoxide ceramics in terms of maximum and equivalent power is determined by ratio $N_{\max}/N_e$ and at $T_0 = 20$ °C will be more than 200 % for monoxide technology assessment (200.9 %) and for polyoxide technology assessment (233.3 %). Thus, it is obvious that the use of the proposed calculation technique in forecasting and analyzing indicators of thermal cycles can significantly increase reliability of expert assessments.

Note that from Table 3 and from accepted design scheme, we obtain the following quantitative characteristic of advantages of intensified technology of alumina ceramics using two percent additions of titanium and manganese dioxides over a similar technology with 13 % addition of chromium oxide ($T_0 = 20$ °C): in terms of productivity (excluding the cooling stage) – more than 2 times (with durations of heating stages and high-temperature holding, respectively, 16.2 hours and 35.4 hours), in terms of energy consumption – more than 3.5 times (12.1 kWh·hour and 43.1 kW·hour respectively).

Let us consider two circumstances, the influence of which is less significant on the final technical and economic results of production, but which, if necessary, should also be taken into account (and controlled). The first is connected with the thermal



cycle initial stage, namely, the effect of its initial temperature T_0 . The second is the cooling stage. As we can see from Table 3, lowering the initial temperature of the thermal cycle from 20 °C to 0 °C in each of the considered technological options, that is, lowering the lower limit of the thermal cycle with an expansion of its temperature range by 1.2 % for technology without metal oxide additives and by 1.5 % for technology with two percent additions of titanium and manganese dioxides, causes a decrease in equivalent temperatures values (by 1 % and 2 %, respectively) and an increase in equivalent capacities (by 0.6 % and 1.3 %, respectively). As a result, energy consumption increases, moreover, faster than the expansion of temperature ranges in thermal cycles, namely by 1.6 % and 3.5 %, respectively. This leads to two useful conclusions.

First: maintaining the normal temperature status of industrial premises has a positive effect on economics of thermal processes in these premises. Second: to increase periodic thermal production efficiency, it is advisable to use residual heat of furnaces, for which, in improving their designs and technological operating procedures, developments aimed at reducing the auxiliary time for unloading and loading are especially useful. Double attention should be paid to this issue both from the point of view of reducing the heating time and, accordingly, reducing level of energy consumption (Table 4), and from the point of view of increasing the share of productive time in the entire furnace operating cycle.

Table 4

Resulting estimates of heating cycle and high-temperature holding at various values of thermal cycle initial temperature

Technology	Furnace characteristics		Initial temperature T_0 , °C	Estimates			
	$T_{\max}$, °C	$N_{\max}$, kW·h		T_e , °C	$N_{\max}$, kW·h	W , kW·h	$\Sigma\Delta\tau_i$, hour
Intensified without metal oxide additives	2,500	35	0	835.8	11.7	236.37	20.2
			20	844.1	11.63	232.61	20
Intensified with additions of 2 % TiO ₂ + 2 % MnO ₂	1,400	2.5	0	423.5	0.76	12.52	16.55
			20	432.3	0.75	12.1	16.2

Note that reducing the heating time $\Delta\tau_0$ (hour) at the first stage of the thermal cycle due to an increase in its initial temperature by an amount ΔT_0 (°C) at a given heating intensity I_1 (°C/hour) will be determined from the ratio (Fig. 5):

$$\Delta\tau_0 = \frac{\Delta T_0}{I_1}. \quad (10)$$

Cooling stage in the work was not considered in detail for the reason that it is not energy-intensive: cooling of ceramic products after annealing with heating and high-temperature holding is controlled and carried out together with the furnace, and, as a rule, at the maximum possible speed (up to 2.5 °C/s).

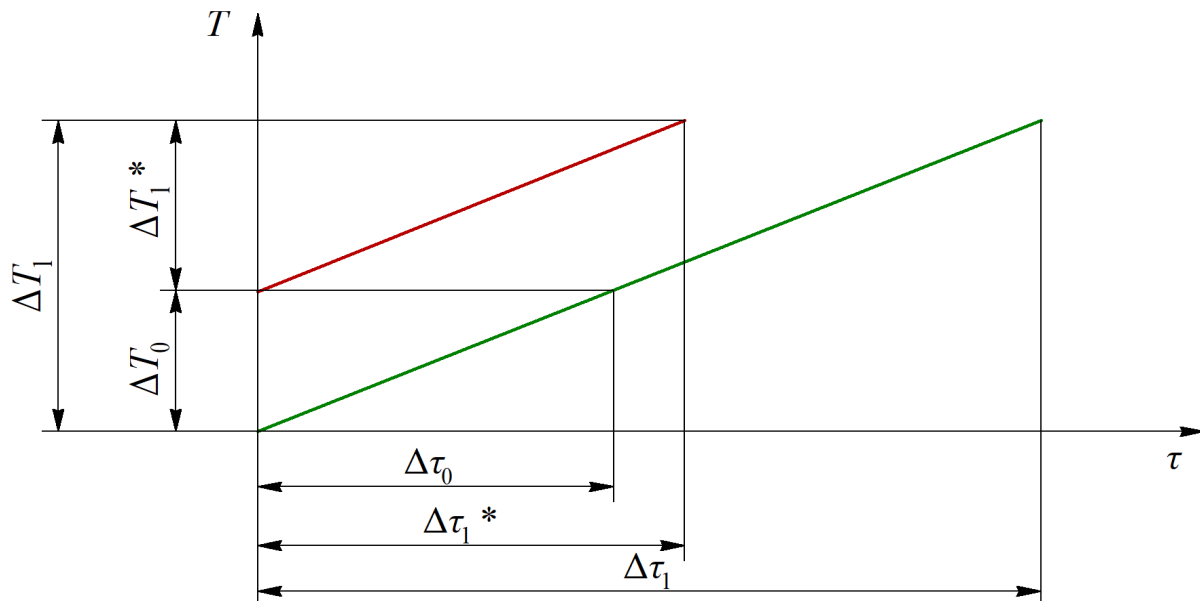
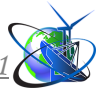


Fig. 5. To calculation of the first stage of heating in variations of the initial temperature ($T_0^* > T_0$) at a given heating intensity ($I_1 = \text{const}$)

Slowing down the furnace cooling by a gradual decrease in electrical power is usually not required, but even with a fivefold margin of maximum possible cooling rate, this stage in intensified technologies of alumina ceramics takes 4.8 % and 4.7 % of heating time and high-temperature holding according to cyclograms, respectively, for monoxide and polyoxide ceramics (Fig. 3). Therefore, the share of energy consumption for cooling in a complete thermal cycle is very small, if not zero. Reducing of auxiliary time for furnace loading and unloading in complete ceramic production cycle can be achieved by using bogie bottom designs such as Mobilotherm furnaces. Unlike conventional chamber furnaces, in these applications, the bottom of the furnace (bogie hearth) is charged outside the furnace.

Reduction in the volume of furnace unproductive operating time is ensured due to the fact that for each furnace two hearths are simultaneously used: when one of them is in the furnace, the other can be loaded. Since the exchange of bogie hearths requires a fairly short time, which is practically independent of the volume of the hearth load, the use of a bogie hearth system practically means no stove downtime. This mechanism of using the bogie hearth system, due to the reduction in the time for unloading and loading the furnace, also allows a greater use of residual heat, which is especially manifested in the operation of large furnaces with full load. Standard furnace can be opened up to approx. 500 °C; if it is necessary to do this at higher temperatures, a furnace with a lifting door and a sliding rail hearth can be used.

Further, let us pay attention to the fact that with increase in furnace chamber internal dimensions, the ratio of the maximum power consumption $N_{\max}$ (kW) to the furnace hearth area S_f (m²), or the power W_s distributed over hearth area (kW/m²) changes to relatively small extent with a change in hearth area.

With a change in hearth area approximately twofold around the average value in the presented model range of Mobilotherm furnaces, which we will assume corresponding to model W3300/14 ($S_f = 2.8$ m²), value W_s changes within 10 % (Fig. 6, a). Therefore, at single-tier furnace loading, the use of this change in the



interests of energy costs saving per unit and entire production output is relatively insignificant.

For example, in the manufacture of a batch of products, the overall dimensions of which were $380 \times 380 \times 50 \text{ mm}^2$ with internal dimensions of laboratory furnace chamber $400 \times 400 \times 450 \text{ mm}^2$, and which were intended for industrial filtration of liquid aluminum, if this batch were made in Mobilotherm furnaces, then, when changing from model W1000/14 to model W7500/14 with the same utilization of the hearth area in terms of one product as in laboratory conditions ($k_{us} \approx 0.9$), production of filters in one thermal cycle of furnace increases from 8 to 26 items, or by 225 %, with increase in total energy consumption by almost 5 times, or almost 1.5 times in terms of one item.

On the other hand, with furnace chamber internal dimensions increase, that is, furnace volume, the ratio of maximum power consumption $N_{\max}$ (kW) to furnace operating volume V_f (m^3), or specific power W_v (kW/m^3), changes to a much greater extent (Fig. 6, *b*) within the considered range of furnace models. With increase in the furnace operating volume from $V_f = 1.024 \text{ m}^3$ to $V_f = 7.56 \text{ m}^3$, or approximately 7.4 times, specific power decreases by more than 1.5 times, which in some cases makes it possible to consider expediency of multi-tiered furnace loading, especially with interchangeable bogies if product dimensions and design of the shape containing it allow such loading.

So, when solving the production problem considered above and corresponding to [15, 16], taking the values of hearth area and height utilization coefficients in terms of one product, respectively, $k_{us} = 0.9$ and $k_{uh} = 0.5$, within the range of furnace models under consideration, it is possible to increase filters output in one thermal cycle of the furnace from 64 to 364 items, or by about 470 %, and with a decrease in energy consumption per item, in our case, about 15 %.

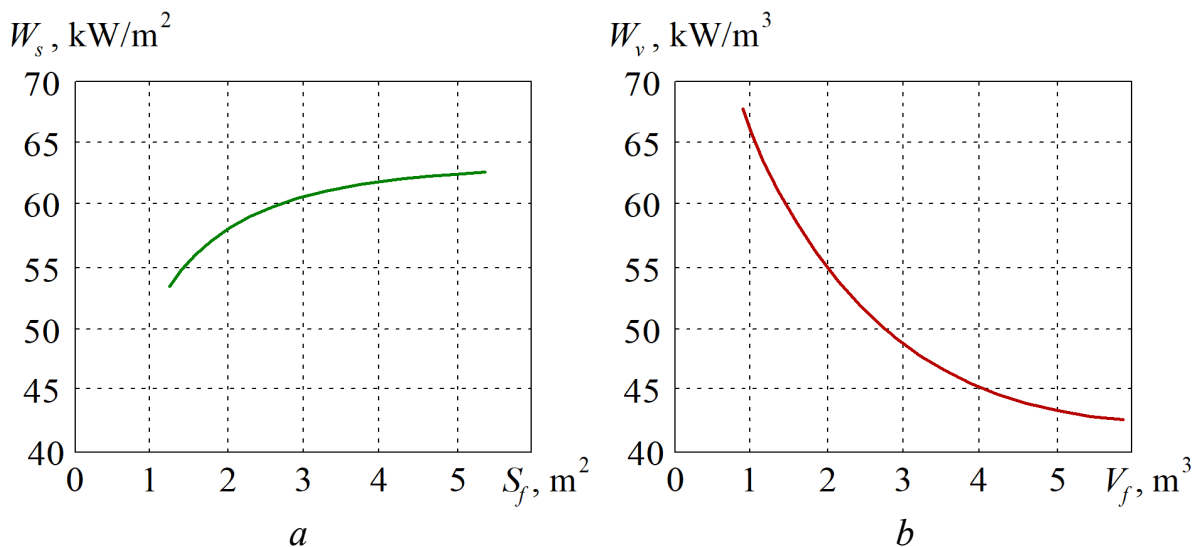


Fig. 6. Factual account of dependences of power W_s distributed over the area from hearth area S_f (a) and specific power W_v on internal volume V_f (b) for a range of Mobilotherm furnace models designed for burning ceramics with maximum operating temperature $T_{\max} = 1,400 \text{ }^\circ\text{C}$



Along with operating chamber dimensions, the fundamental design features of the burning unit can no less significantly determine the amount of energy consumed by various burning units with maximum operating temperature:

- bogie hearth furnace – 100 %;
- conventional tunnel furnace – 93 %;
- furnace with upper and lower burners, with trolleys with light refractory lining for accelerated burning – 61 %;
- furnace for accelerated burning with upper burners and a moving hearth – 50 %;
- roller furnace – 31 %.

From the presented it follows that decrease in energy consumption during burning can be achieved by complicating furnace design, which means an increase in their selling price and unproductive operating costs. From the consumer's point of view, economic feasibility of using such a progressive, but expensive equipment arises with a sufficiently large volume of orders and stable demand. In addition, with the use of increased complexity equipment, additional issues of its technological systems reliability redundancy arise, the solution of which is also associated with additional costs, that are more justified, the larger and more stable the scale of production is [17].

It should be noted that a slightly higher level of specific energy consumption when using moving hearth furnaces without additional top burners compared to conventional tunnel furnaces, due to the possibility of more efficient use of residual heat, as noted earlier, is to some extent compensated for in the overall structure of energy consumption in-line production (which is, moreover, more productive when using the bogie-hearth exchange scheme unloading and loading the furnace).

Conclusion and findings.

On the basis of the performed experimental and laboratory development and research of energy-saving production technologies of porous permeable alumina ceramics, which have passed industrial testing as filters for purifying liquid aluminum, and also taking into account global trends in improving equipment and technologies for similar applications, a number of directions for additional reduction of energy consumption for the production of one products and increasing the productivity in the industrial development of the proposed technologies.

When designing and forecasting new and reconstructed ceramic industries, it is recommended, in particular, to pay attention to structural, geometric, temperature and energy features and capabilities of the furnaces, considered in conjunction with the structural and parametric characteristics of mastered technological regulations. To carry out *a priori* comparative assessments of energy consumption and fundamental technological polyvariants and technical environment for their possible implementation, a design scheme is proposed, which is used in analysis of specific situations. The nearest prospect of further development of ceramic filters for the liquid aluminum metallurgy, including those based on alumina, should apparently be considered, first of all, as the industrial development of experimental and laboratory developments performed.



Basing on the material presented in the work, the following conclusions can be made.

1. Carried out tests have shown the effectiveness of foamy ceramic carriers use, since the formed branched foamy structure improves purifying quality.

2. Tests of catalyst support blocks made on the basis of foam structures have shown that they provide required pressure drop in exhaust gases and required degree of purification of carbon monoxide and nitrogen in accordance with Euro-3 standards.

3. Developed foam filter can be used both as catalyst carriers and in the metallurgical industry for purifying melts of aluminum, copper, steel, and cast iron. Use of foam filters in foundry industry provides effective trapping of non-metallic inclusions dispersed in the metal, melt degassing and guarantees production of high-quality castings with improved mechanical properties and surface quality.

4. Economic assessment of use of electric furnaces of various designs has been carried out and an energy-efficient technology for producing ceramic filters has been proposed on the basis of analytical formulas.

References

1. Максютa И. И., Квасницкая Ю. Г., Мяльница Г. Ф., Михнян Е. В., Нейма А. В. Применение керамических фильтров при выплавке заготовок из жаропрочных сплавов. *Процессы литья*. 2013. № 6 (102). С. 69–74.

2. Староверов Ю. С., Чернов Ю. А. Применение пенокерамических фильтров в литейном и сталеплавильном производстве за рубежом. *Огнеупоры*. 1992. № 1. С. 38–40.

3. Леонов А. Н., Децко М. М. Теория проектирования пенокерамических фильтров для очистки расплавов металлов. *Огнеупоры и техническая керамика*. 1999. № 12. С. 14–20.

4. Інтегровані технології обробки матеріалів: підручник / Е. С. Геворкян, Л. А. Тимофеева, В. П. Нерубацький, О. М. Мельник. Харків: УкрДУЗТ, 2016. 238 с.

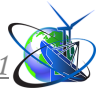
5. Gevorkyan E. S., Rucki M., Kagramanyan A. A., Nerubatskiy V. P. Composite material for instrumental applications based on micro powder Al_2O_3 with additives nano-powder SiC. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2019. Vol. 82. P. 336–339. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2019.05.010.

6. Цаплин А. И. Теплофизика в металлургии: учебное пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. 230 с.

7. Ройш Ф., Шнелле Й. Современное оборудование и материалы для фильтрации алюминия и его сплавов. Цветные металлы. 2008. № 1. С. 86–87.

8. Геворкян Е. С., Нерубацький В. П. Моделювання процесу гарячого пресування Al_2O_3 при прямому пропусканні змінного електричного струму з частотою 50 Гц. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009. Вип. 110. С. 45–52.

9. Геворкян Е. С., Нерубацький В. П. До питання отримання тонкодисперсних структур з нанопорошків оксиду алюмінію. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009.



Вип. 111. С. 151–167.

10. Физический энциклопедический словарь. Москва: Советская энциклопедия, 1983. 928 с.

11. Геворкян Э. С., Нерубацкий В. П., Мельник О. М. Горячее прессование нанопорошков состава $ZrO_2-5\%Y_2O_3$. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. Вип. 119. С. 106–110.

12. Saggio-Woyansky J., Scott C., Minnear W. Processing of Porous Ceramics. *Am. Ceram. Soc.* 1992. Vol. 71. No. 11. P. 1674 – 1682.

13. Расчёты экономической эффективности новой техники. Справочник. Ленинград: Машиностроение, 1975. 432 с.

14. Нові керамічні композиційні матеріали інструментального призначення: монографія / Р. В. Вовк, Е. С. Геворкян, В. П. Нерубацький, М. М. Прокопів, В. О. Чишкала, О. М. Мельник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. 200 с.

15. Лукин Е. С., Кутейникова А. Л., Попова Н. А. Пористая проницаемая керамика из оксида алюминия. *Стекло и керамика*. 2003. № 3. С. 17–18.

16. Шевченко В. Я., Баринов С. М. Техническая керамика. Москва: Наука, 1993. 187 с.

17. Нові матеріали та технології їх отримання: підручник / Е. С. Геворкян, Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофеева, В. П. Нерубацький. Харків: Діса плюс, 2015. 344 с.

Аннотация. Исследованы технологические особенности получения пенокерамических фильтров, разработана эффективная технология их получения, а также проведен анализ и расчёт энергоэффективности различных технологий с применением электрических печей различной конструкции. Проведено технико-экономическое обоснование применения разработанной технологии в промышленности в зависимости от относительной длительности, энергоёмкости нагрева и высокотемпературной выдержки в термическом цикле алюмооксидной керамики без добавок других металлооксидов и с двухпроцентными добавками диоксидов титана и марганца в эквивалентных и реальных условиях опытно-лабораторного производства. Приводятся физико-механические характеристики разработанных фильтров.

Ключевые слова: диоксид титана, катализатор, оксид алюминия, обжиг, пенокерамический фильтр, термический цикл, электрические печи, энергозатратность.

Article sent: 17/11/2020

© Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P.,
Gutsalenko Yu. H., Morozova O. M.



УДК 622.831:624.131

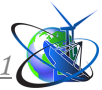
EFFECT OF A PRELIMINARY THERMOCYCLIC TREATMENT ON THE ENERGY INTENSITY OF SUBSEQUENT MECHANICAL DESTRUCTION OF ROCKS.**ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПОСЛЕДУЮЩЕГО МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД.****Livak O.V./ Ливак О.В.***M.S., Assistant Lecturer, / магистр, ассистент.**ORCID: 0000-0002-5552-6531**Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, ave. Gagarin, 8, 49005**Украинский государственный химико-технологический университет,**Днепр, просп. Гагарина, 8, 49005*

Аннотация. Проведен анализ возможного снижения энергоемкости механического разрушения с предварительной термоциклической обработкой по схеме: нагрев-охлаждение. На основе модели измельчения Риттингера доказано возможное пятикратное снижение затрат энергии при механическом разрушении обработанных тепловой обработкой горных пород. Показано, что снижение энергоемкости отделения частицы от массива зависит от соотношения размеров частицы и параметров сетки растрескивания при тепловой обработке. Приведены экспериментальные подтверждения возможности существенного снижения энергоемкости механического разрушения пород с предварительной термоциклической обработкой.

Ключевые слова: горная порода, термоциклическое воздействие, механическое разрушение, система трещин в породе, энергоемкость разрушения.

Вступление.

Термоциклическое воздействие, основанное на тепловом нагружении по схеме: нагрев – резкое охлаждение является эффективным способом разупрочнения горных пород [1, 2]. В фазе охлаждения, если оно достаточно интенсивно, в горных породах происходят необратимые процессы макро- и микрорастрескивания, приводящие к изменению физико-механических свойств, при этом существенно изменяются показатели прочности пород и энергоемкости последующего механического разрушения. Предварительное термоциклическое ослабление горных пород можно встроить в технологические процессы, связанные с разрушением пород, например, расширение скважин, когда стенки предварительно пробуренной скважины сначала разогреваются, а затем интенсивно охлаждаются [3]. Массив горной породы вокруг скважины в фазе резкого охлаждения интенсивно растрескивается, и дальнейшее расширение осуществляется по ослабленному слою породы. При алмазном бурении также имеет место термоциклическое воздействие на горную породу [4]. При создании благоприятных конструктивных и технологических условий в буровой коронке, наблюдается увеличение эффективности бурения за счет снижения прочности разрушаемого слоя [5]. Для проектирования инструментов и технологических процессов разрушения горных пород, основанных на предварительном термоциклическом ослаблении, необходимо прогнозировать возможное изменение энергетических



показателей разрушения.

Основной текст.

Известно, что при резком охлаждении поверхности горной породы, при достаточных условиях термоудара, в наружном слое развивается, так называемая «сотовая» система макротрещин, которая проникает вглубь породы, на определенную глубину разбивая тем самым массив на призматические отдельности. «Соты» имеют форму многоугольников с количеством сторон от 4 до 6 [6].

Приведенный размер стороны сетки трещин определяется по зависимости [2]

$$g = \frac{0,45 \cdot K^2 \cdot \sigma_c^2}{\pi^2 \cdot \sigma_*^2 \cdot \sigma_p^2} \quad (1)$$

где K - модуль сцепления породы; σ_c - предел прочности породы на сжатие; σ_* - максимальные растягивающие напряжения, возникающие в породе при заданном режиме охлаждения; σ_p - предел прочности породы на растяжение.

Если рассматривать отделение частиц породы от массива, например при механическом бурении, как отдельные акты дробления, то для приблизительной оценки энергоемкости бурения, нам необходимо воспользоваться одной из существующих теорий энергозатрат при дроблении.

Наиболее известными моделями, устанавливающими, зависимость между расходуемой энергией и характеристиками отделяемого материала являются теории, основанные на двух гипотезах: объемной и поверхностной. Согласно объемной теории (Кирпичева – Кика) расход энергии на дробление материала пропорционален его объему или массе. Поверхностная теория (Риттингера) утверждает, что работа, затраченная при отделении частиц пропорциональна вновь образованной площади поверхности материала. Данные теории сложно использовать для определения абсолютных значений работы измельчения, однако для качественного исследования процессов дробления они применяются достаточно широко.

В рассматриваемом процессе инструмент воздействует на горную породу в которой термоциклическим воздействием создана определенная система макротрещин, имеющая структуру многогранных призм, проникающих в массив. Задача инструмента – создать дополнительные поверхности трещин, которые приведут к отделению частицы от массива. В качестве рабочей гипотезы принята гипотеза Риттингера, связывающая энергию разрушения с площадью вновь образованных поверхностей.

Считаем, что в определенном объеме породы с плоской свободной поверхностью термоциклическим воздействием создана система трещин, уходящая по нормали от свободной поверхности вглубь и имеющая форму четырехгранных призм (рис.1). Размер ребра призмы у основания (ячейки растрескивания) определяется по зависимости 1.

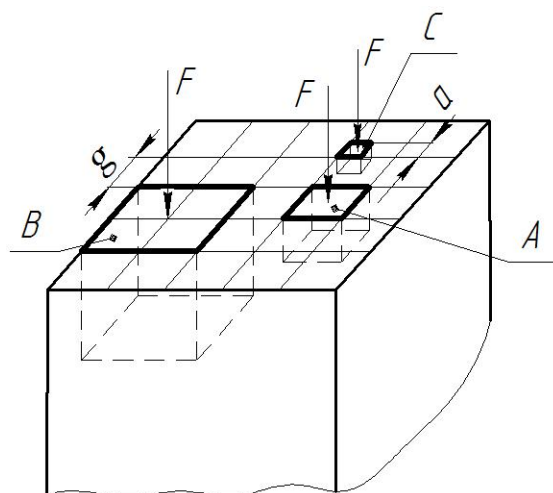


Рис.1. Схема отделения частиц от массива горной породы с трещинами при различных соотношениях размеров сетки трещин g и отделяющихся частиц a ;

$$A - g = a ; B - g < a ; C - g > a ;$$

F - условная механическая нагрузка, приводящая к отделению частицы

При рассмотрении вопроса энергоемкости отделения частицы от массива примем следующие допущения:

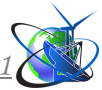
- форма отделяющихся частиц имеет кубическую форму;
- механическая сила, отделяющая частицу направлена по оптимальному для разрушения направлению по отношению к макро-трещинам созданным термоциклической обработкой;
- энергетическими затратами на упругую и пластическую деформации пренебрегаем, так как они одинаково присутствуют при предварительной термоциклической обработке и без неё.

Существуют три варианта соотношений размеров ячейки растрескивания - g и отделяющейся частицы - a :

1. Размер частиц сопоставим с ячейкой растрескивания $a \approx g$ (рис.1, A);
2. Размер частиц больше размера ячейки $a > g$ (рис. 1, B);
3. Размер частиц меньше размера ячейки $a < g$ (рис. 1, C).

Если продукты разрушения от механического воздействия имеют призматическую форму, то для отделения частицы необходимо разорвать породу по пяти граням (шестая грань выходит на свободную поверхность). Для случая, когда $a \approx g$ (рис.1, A) и порода обработана термоциклическим воздействием, по четырем граням уже имеется разрыв и необходимо разорвать породу по нижней грани (оторвать куб от упругого основания). Элементарный подсчет показывает, что затраты энергии на отделение одной грани составляет 20% от общего количества энергетических затрат на отделение всей частицы.

Если $a > g$, то, как и в предыдущем случае четыре грани уже сформированы термоциклическим воздействием и для отделения частицы необходимо оторвать ее от массива по одной грани. Здесь также энергоемкость отделения частицы снижается в 5 раз, при этом внутри частицы имеются уже



готовые трещины и она в дальнейшем может распадаться на несколько частей, количество которых зависит от соотношения $\frac{a}{g}$.

Если отделяющиеся частицы меньше, чем размер ячейки $a < g$ (рис. 1, С) то снижение энергоемкости будет зависеть от соотношения размеров $\frac{a}{g}$, так как $g > a$, для удобства будем брать соотношение $\frac{g}{a} = k$.

Оценим снижение энергоемкости отделения частицы, если размер ее ребра в два раза меньше размера ячейки имеющейся трещиноватости $k = \frac{g}{a} = 2$. В этом случае для каждой отделяющейся частицы, а их на ячейку растрескивания ложится – четыре, две грани попадают на готовые трещины, а по трем граням трещины необходимо создать механическим нагружением. Отсюда легко подсчитать, что энергоемкость отделения частицы падает на 40%. По аналогии, если $k = 3$, из необходимых 45 граней разрыва механически необходимо разорвать 33 грани. Следовательно, энергоемкость разрушения уменьшится на 26,6%.

Определим в общем виде, на сколько снижаются энергозатраты в % от общих при заданном соотношении $\frac{g}{a} = k$. В трещиноватую отделенность, созданную термоциклическим воздействием укладывается k^2 - отделяющихся механически частиц. Чтобы вынуть все эти частицы, предположив их кубической формы, необходимо создать $5k^2$ новых поверхностей. Количество поверхностей, уже созданных термоциклическим нагружением равно $4k$.

Из соотношения получаем зависимость снижения энергоемкости в %

$$c = \frac{80}{k} \quad (2)$$

Затраты механической энергии % на отделение частицы после термоциклической обработки составят

$$100 - \frac{80}{k}, \%$$

Относительное снижение энергоемкости разрушения составит

$$\frac{W_{m.ц.}}{W_n} = \frac{100 - \frac{80}{k}}{100} = 1 - \frac{0,8}{k} \quad (3)$$

где $W_{m.ц.}$ - энергоемкость отделения частицы после термоциклической обработки; W_n - энергоемкость отделения частицы в необработанной породе.

Формула (3) действительна для $\frac{g}{a} \geq 1$.



График зависимости изменения относительной энергоемкости отделения частиц от соотношения $\frac{g}{a}$ приведен на рис.2.

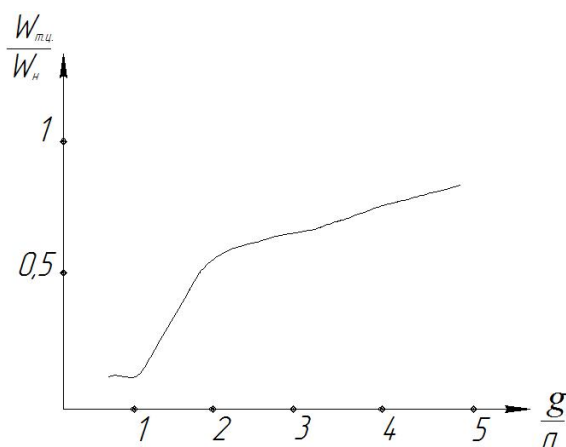


Рис.2. Зависимость энергоемкости отделения частицы горной породы от соотношения размеров ячейки растрескивания g и a .

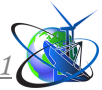
Для $\frac{g}{a} < 1$ показатель $\frac{W_{m.u.}}{W_n}$ близок к 0,2. ($\frac{W_{m.u.}}{W_n} \approx 0,2$).

Данная кривая показывает потенциальные возможности снижения энергоемкости механического разрушения с предварительным термоциклическим разупрочнением крепких горных пород.

Полученные результаты подтверждаются экспериментальными исследованиями. Опыты в промышленных условиях по расширению скважин диаметром 0,135 м до диаметров 0,2-0,5 м в крепких породах с предварительной термоциклической обработкой стенок скважины показали, что при определенном сочетании теплового и механического нагружений имело место более, чем 3-х кратное снижение энергоемкости разрушения [3].

Заключение и выводы.

Была получена зависимость, позволяющая оценить возможное снижение энергоемкости отделения частиц от массива в зависимости от степени макрорастрескивания при резком охлаждении. Анализ результатов показывает, что предварительная термоциклическая обработка породы позволяет снизить энергоемкость механического отделения частицы от массива до 5 раз. Показано, что величина снижения энергоемкости зависит от соотношения размеров отделяющейся частицы при механическом воздействии и сетки трещин при термоциклическом воздействии. Экспериментальные исследования по расширению скважин с термоциклической обработкой стенок опережающей скважины и ударному разрушению обработанных образцов подтверждают возможность более чем 3-х кратного снижения энергоемкости механического разрушения.

**Литература:**

1. Бродов Г.С. Основы термомеханического колонкового бурения. – СПб.: ВИТР, 2001, 55с.
2. Разрушение горных пород при резком охлаждении [Текст]: моногр./А.А. Кожевников, В.В. Крисан, Ю.Н. Вахалин, О.А Третьяков, О.В. Ливак.-Д.:ТОВ «Лизунов Прес», 2011.
3. Вахалин Ю. Н., Трохимец Н. Я., Ляш С. И. Создание машин для бурения скважин большого диаметра в крепких горных породах. – В кн.: Машины для предприятий горной промышленности. Сб. науч. тр. Киев : Наук. думка, 1986. – С. 85-91.
4. Кожевников А.А., Вахалин Ю.Н., Ливак О.В., Дреус А.Ю. Анализ термического воздействия на горную породу при бурении алмазными коронками // Форум гірників – 2015: матеріали між нар. конф., 30 вересня – 3 жовтня, 2015.Д.: Національний гірничий університет, 2015, Т.3. – С.21-25.
5. Термомеханическое разрушение горных пород при разведочном бурении с генерированием тепловой энергии/А.А. Кожевников, П.П. Вырвинский// Техника и технология геологоразведочных работ, организация производства: Обзор ВНИИ ЭМС. – М., 1985.-36с.
6. Штейнгауз Г. Математический калейдоскоп. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы 1981. 160 с.

Abstract. The analysis of the possible reduction in the energy intensity of mechanical failure with pre-thermocyclic treatment was made according to the scheme: heating and cooling. On the basis of the Rittinger grinding model, a possible five-fold reduction in energy consumption in the mechanical break-up of heat-treated rocks has been proved. It is shown that the reduction of the energy intensity of the particle separation from the bulk depends on the ratio of particle size and the mesh cracking parameters during the heat treatment. Experimental evidence has been given of the possibility of a significant reduction in the energy intensity of mechanical rock destruction with pre thermocyclic processing.

Key words: rock, thermocyclic action, mechanical destruction, fracture system in the rock, energy intensity of destruction.

Научный руководитель: д.т.н., Васильев Д.Л.

Статья отправлена: 26.11.2020 г.

© Ливак О.В.



УДК 621.774.3

PROBLEMS OF ROLLING THE PILGRIME HEAD AND WAYS OF THEIR SOLUTION.**Message 1****ПРОБЛЕМЫ РАСКАТКИ ПИЛИГРИМОВОЙ ГОЛОВКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ****Сообщение 1****Balakin V.F./Балакин В.Ф.***Doctor of Technical Sciences, Professor / д.т.н., профессор**National Metallurgical Academy of Ukraine**Національна металургічна академія України***Stasevsky S.L./Стасевский, С.Л.***Director / Директор**State Enterprise "Ukrghiprommez"**ГП «Укргіпромез»***Ugryumov Y.D./Угрюмов Ю.Д.***к.т.н.**State Enterprise "Ukrghiprommez"**ГП «Укргіпромез»*

Аннотация. Процесс горячей пилигримовой прокатки труб характеризуется повышенным расходом металла в технологическую обрезь, так называемую пилигримовую головку, что снижает его конкурентоспособность по сравнению с другими процессами при использовании в качестве исходного материала непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) круглого поперечного сечения. Одним из эффективных способов уменьшения потерь металла в пильгерголовку является ее раскатка на свободном участке дорна валками пилигримового стана. На основе анализа литературных источников и практического применения этой технологии на ТПА 5-12" с пилигримовыми станами сформулированы основные проблемы, которые сдерживают расширение ее использования при прокатке труб с различным отношением D/S . Среди имеющихся проблем отмечаются следующие: невозможность снятия тонкостенной трубы с дорна с помощью шибберного устройства после раскатки пильгерголовки; значительное смещение (до 400 мм) в первых циклах раскатки из-за нарушения сцепления металла с дорном; отсутствуют надежные и достаточно простые решения для закрепления дорнового кольца при раскатке пильгерголовки на свободном участке дорна. Рассмотрены начальные условия осуществления процесса раскатки пильгерголовки и проанализированы два режима подачи с ее постоянной и переменной величинами в каждом цикле раскатки.

Ключевые слова: труба, пилигримовый стан, пилигримовая головка, режим подачи, угол кантовки, скоростной режим, экономия металла, расходный коэффициент.

Введение

Процесс горячей пилигримовой прокатки труб обязан своим созданием братьям Маннесманн, которые предложили сначала получение из круглого слитка полый толстостенный гильзы методом винтовой прошивки на короткой профильной оправке, а затем способ периодической раскатки гильзы на длинной цилиндрической оправке (дорне) в тонкостенную трубу. Со времени создания пилигримового процесса производства труб прошло уже 129 лет, но он по-прежнему продолжает быть востребованным и в 21 веке.

Это объясняется тем, что нет других способов горячей прокатки бесшовных труб, покрывающих такой широкий диапазон размеров, как



пилигримовый процесс, позволяющий производить трубы от 60 до 720 мм и выше, что обусловлено лишь диаметром валков пилигримового стана.

Кроме того, на трубопрокатных агрегатах с пилигримовыми станами возможно получение труб из различного типа исходной заготовки, а именно: круглых и волнистых слитков стационарной разливки, катаной и кованой заготовки, полой центробежнолитой заготовки, сплошной и полой непрерывнолитой заготовки круглого и многогранного сечения.

Одним из преимуществ производства труб на пилигримовых агрегатах является возможность получения толстостенных труб значительной длины, а также профильных труб из различных сталей и сплавов.

Вместе с тем процесс горячей пилигримовой прокатки труб имеет целый ряд недостатков, а именно: недостаточная производительность при прокатке тонкостенных труб, повышенный расходный коэффициент металла, недостаточное качества наружной и внутренней поверхности труб, высокая разностенность труб.

1 Потери металла в пилигримовую головку и пути их снижения

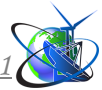
Пилигримовый способ производства горячекатаных труб характеризуется повышенным, по сравнению с другими способами, расходом металла (кг/т), что следует из нижеприведенных данных:

ТПА	Трубы:	
	Общего назначения	Обсадные
ТПА 5-12" с пильгерстанами	1218	1270
ТПА 140 с автоматическим станом	1050	1132
ТПА 350 с автоматическим станом	1070	1100
ТПА 30-102 с непрерывным станом	1090	1120
ТПА 200 с трехвалковым раскатным станом	1090	-

Увеличение расхода металла при производстве обсадных нарезных труб связано с дополнительными отделочными операциями (изготовление муфт, нарезка резьбы на трубах и др.). При этом плановые потери металла на ТПА с пилигримовыми станами на участке проката для труб общего назначения или нефтепроводных включают: угар металла, технологическую обрезь на пилигримовом стане в затравку и пильгерголовку, настроечные трубы, отбор проб на участке горячей калибровки труб. Потери в отделочной части включают: технологическую обрезь на участке нефтесдачи; повторную обрезь дефектных концов труб, отбор проб для механических испытаний, брак продукции, выявленный при приемке ОТК.

При прочих равных условиях повышенные потери металла на ТПА с пильгерстанами связаны с технологической обрезью в затравку и пильгерголовку, присущей только этому способу производства.

При получении труб на ТПА с пильгерстанами из слитков стационарной отливки в изложницы повышенная обрезь в пильгерголовку была обусловлена наличием усадочной раковины слитка, которая затем удалялась вместе с пилигримовой головкой. Даже при этих потерях пилигримовый способ производства труб был экономически эффективен по сравнению со способами,



использующими катаную заготовку.

Значительные потери металла на пилигримовом стане обусловлены особенностями процесса пилигримовой прокатки труб. Кроме того значительное влияние на потери металла в пильгерголовку имеет сортament прокатываемых труб. На пилигримовых агрегатах прокатывают средние размеры труб по диаметру 102-325 мм и большие более 325 мм. По толщине стенки прокатываемых труб на этих ТПА различают: нормальные $D/S = 9,1-20,0$, тонкостенные $D/S = 20,1-50,0$ и толстостенные – $D/S = 5,5-9,0$.

Для такого широкого размерного сортамента труб известны и частично применяются различные способы уменьшения потерь металла в пильгерголовку.

Особенностями процесса пилигримовой прокатки, предложенного братьями Маннесманн, являются следующие: порционная задача объема подачи V_n в валки стана в каждом цикле прокатки; вращение валков в направлении противоположном задаче гильзы на дорне в валки; осуществление прокатки с подпором на задний торец гильзы со стороны подающего аппарата; кантовка гильзы примерно на 90° при задаче ее в валки стана; недокат заднего конца гильзы из-за его упора через дорновое кольцо в дорновой замок подающего аппарата, в котором закреплен хвостовик дорна.

В связи с использованием в последние годы на ТПА5-12" НТЗ с пилигримовыми станами в качестве исходного материала – круглой непрерывнолитой заготовки производства ЭСПК «Интерпайп Сталь» вопросы снижения потерь металла в пилигримовую головку приобрели особую актуальность.

Наличие недоката заднего конца гильзы с образованием пилигримовой головки, которая отделяется в технологическую обрезь, увеличивает расход металла и снижает выход годного. Потери металла за счет обрезки пилигримовой головки составляют 4-6 % от массы исходной заготовки [1-7].

Эскиз пилигримовой головки, характеризующий геометрические формы ее отдельных частей приведен на рис. 1.

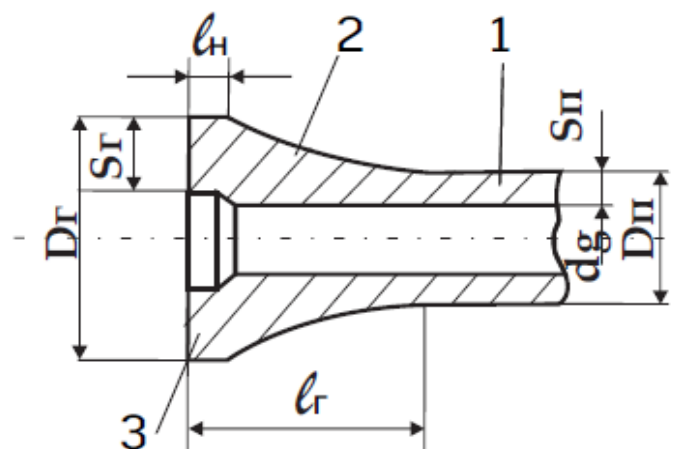


Рис. 1 Параметры отделяемой задней части гильзы: 1 – участок трубы, 2 – собственно пильгерголовка, 3 – недокат



В общем случае масса отделяемой в обрезь на пилигримовом стане заднего конца гильзы (называемого пильгерголовой) состоит из трех частей

$$M_{\Gamma} = M_1 + M_2 + M_3, \quad (1)$$

где M_1 – масса недоката 3 длиной ℓ_n ; M_2 – масса криволинейного участка 2, собственно головки, представляющей собой развертку профиля бойка пильгервалка; M_3 – масса участка трубы 1, длиной ~100-150 мм, примыкающего к участку 2 и характеризуемого повышенной разностенностью.

Определение составляющих частей пилигримовой головки удаляемой в обрезь приведено в работах [7, 8]. В работе [8] выполнены расчеты составных частей пильгерголовой по новой методике для прогнозирования уменьшения массы пильгерголовой за счет снижения массы отдельных ее частей. Наиболее эффективным направлением является полная раскатка пилигримовой головки, которая может быть осуществлена на свободном участке дорна [9].

Существенные потери металла в пилигримовую головку снижают конкурентную способность процесса пилигримовой прокатки по сравнению с другими процессами особенно в связи с использованием в качестве исходного материала непрерывнолитой заготовки круглого поперечного сечения, качество которой выше по сравнению с качеством применявшихся ранее слитков стационарной разливки. При этом данный метод в основном применяется для раскатки пильгерголовой на последней гильзе в партии, остальные при этом раскатываются методом встык.

Для определения эффективности технологии раскатки пильгерголовой на свободном участке дорна за счет экономии металла были проведены расчеты для труб следующих размеров: диаметрами 168 мм со стенками 6, 12 и 18 мм, 219 мм со стенками 6, 12 и 18 мм и 299 мм со стенками 8, 12 и 18 мм.

Для этих размеров труб была рассчитана таблица прокатки в соответствии с методикой, приведенной в работе [8]. Пилигримовая головка была принята состоящей из трех частей (рис. 1).

1.1 Определение удлинения трубы на пилигримовом стане за счет раскатки пильгерголовой.

Из условия равенства объемов пильгерголовой $V_{\text{пг}}$ и соответствующего ему по объему V_n участку трубы ΔL_T , увеличивающего длину плети,

$$V_{\text{пг}} = V_T = F_n \cdot \Delta L_T = \frac{\pi}{4} (D_n^2 - d_{\text{ср}}^2) \cdot \Delta L_T,$$

где D_n – диаметр трубы на пильгерстане, мм; $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр дорна, мм.

$$\text{Откуда} \quad \Delta L_T = \frac{4 V_{\text{пг}}}{\pi (D_n^2 - d_{\text{ср}}^2)} \quad (2)$$

Изменения длины плети ΔL_T при раскатке пильгерголовой для указанных размеров труб приведены на рис. 2.

Абсолютные значения ΔL_T необходимо учитывать при проектировании технологического процесса прокатки, влияющие на выбор размеров исходной заготовки.

Уменьшение ΔL_T при увеличении толщины стенки пропорционально снижению коэффициента вытяжки μ_{Σ} на пильгерстане.

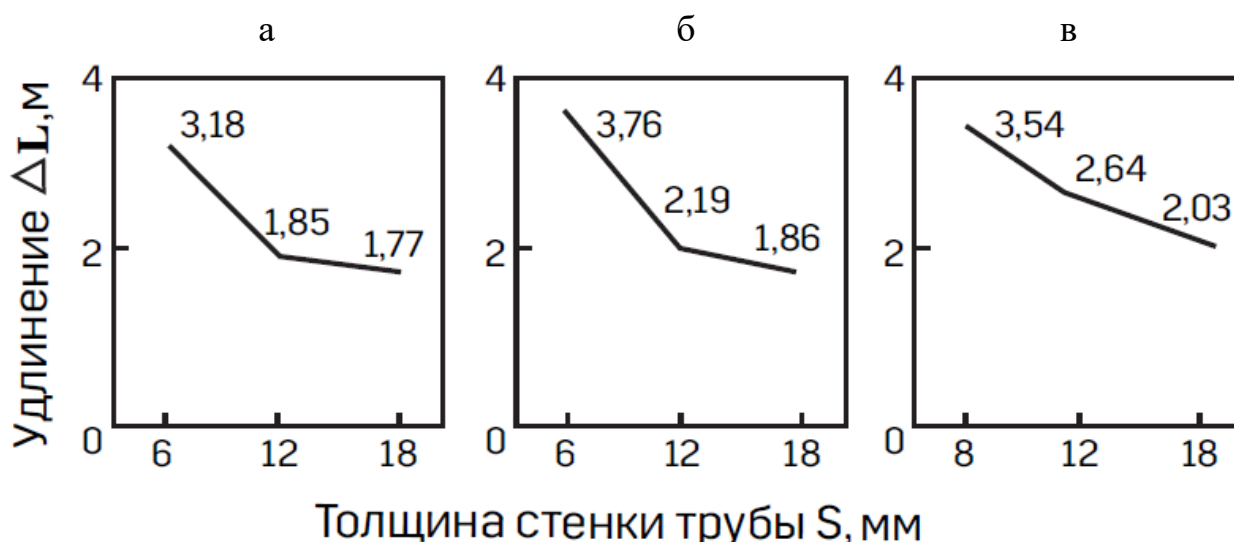


Рис. 2 Удлинение трубы ΔL на пилигримовом стане при прокатке труб разных диаметров: а – 168 мм, б – 219 мм, в – 299 мм

Значение ΔL_T зависит от условий предварительной докатки головки перед ее полной или частичной раскаткой на свободном участке дорна.

1.2 Определение экономии металла за счет раскатки пильгерголовки и расходных коэффициентов РКМ.

На основании рассчитанного вальцетабеля для указанных размеров труб определены основные потери металла на прокатке в угар, окалину, технологическую обрезь: затравку и пильгерголовку.

Были приняты следующие потери металла в угар и окалину: угар в нагревательной печи КП-1 – 1 %, потери в окалину на элонгаторе – 0,25 %, угар в подогревательной печи КП-3 – 0,6 %, потери в окалину на участке пилигримовых станов до ПШБ – 0,6 %, угар в ПШБ – 0,2 %, потери в окалину на калибровочном стане и холодильнике – 0,2 %.

В расчетах принята длина недоката пильгерголовки – 30 мм и длина участка трубы, отделяемого с головкой – 100 мм. Плотность стали принята при температуре деформации $\rho = 7620 \text{ кг/м}^3$.

На рис. 3 приведены результаты экономии металла за счет раскатки пильгерголовки. На диаграммах приведены расчетные значения пильгерголовок (I), определяющие экономию металла. После раскатки пильгерголовки предусматривается отделение в обрезь заднего конца трубы. Для расчетов были приняты значения величины обреза с учетом толщины стенки трубы: для $S = (8), 12$ и 18 мм величина обреза составила 300, 250 и 200 мм соответственно в результате ухудшения качества и увеличения разностенности. Это снижает экономию металла на 8-10 % (диаграммы II на рис. 3).

На рис. 4 приведено изменение расходного коэффициента РКМ при обычной прокатке (с пильгерголовкой) и при прокатке без пильгерголовки. Уменьшение РКМ составляет 6,0-21,2% за счет раскатки пильгерголовок на свободном участке дорна.

С увеличением диаметра прокатываемых труб увеличивается масса пильгерголовок, что приводит к более существенному снижению РКМ.



Показатель выхода годного ВГ характеризует эффективность использования металла в технологическом процессе. Расчеты показали, что при существующей технологии прокатки с пылгерголкой ВГ = 73-88 %, а при раскатке пылгерголки на свободном участке дорна ВГ = 92-94 %, что выше на 6-19 %. Поэтому технологию прокатки без пылгерголок следует считать достаточно эффективной для ее более широкого использования.

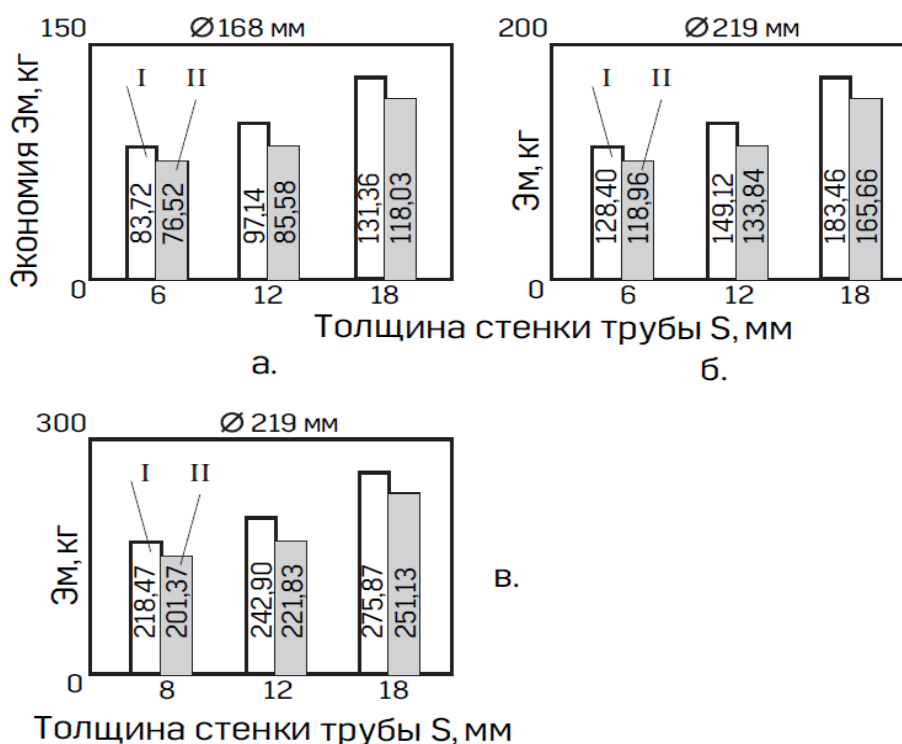


Рис. 3 Экономия металла за счет раскатки пылгерголки на свободном участке дорна для труб диаметрами: а – 168 мм, б – 219 мм, в – 299 мм.

I и II – экономия металла без учета и с учетом обрезки заднего конца трубы соответственно

Если при толщине стенки трубы после раскатки $S \geq 18$ мм снятие трубы с дорна может быть осуществлено с помощью шибера, то при $S = 6, 8$ и 12 мм, т.е. менее 18 мм, эта операция практически становится невозможной из-за смятия заднего конца трубы.

Поэтому необходимо для стенок с $S < 18$ мм предусмотреть при прокатке таких труб получение утолщенных задних концов со стенкой 18 мм. Это обеспечивает возможность снятия трубы с дорна, но в то же время увеличивает потери металла в обрезь.

В расчетах РКМ была принята длина утолщенного заднего конца труб 100 мм. Для труб с $S = 6, 8$ и 12 мм утолщенная стенка составляла 18 мм. При этом потери в обрезь выросли на $3-12$ кг и несколько увеличили РКМ для труб с $S = 6, 8$ и 12 мм на $0,5-1,0$ %.

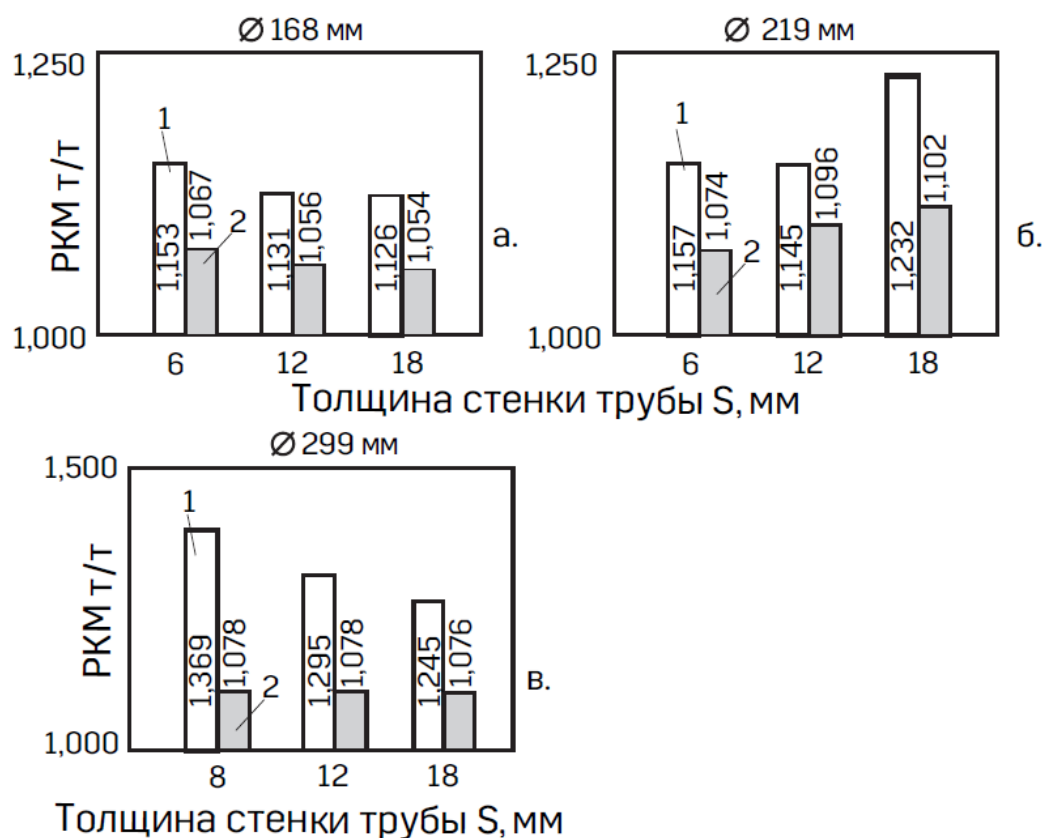


Рис. 4 Изменение теоретических РКМ (1 и 2) при прокатке с пильгерголовкой (1 и 3) и при полной раскатке пильгерголовки (2 и 4) для труб диаметрами: а – 168 мм, б – 219 мм, в – 299 мм

2 Особенности процесса раскатки пилигримовой головки на свободном участке дорна

Особенности раскатки пильгерголовки без подпора со стороны подающего аппарата были исследованы в работах [10-14]. При этом особое значение приобретают овализация поперечных сечений и увеличение уширения в конце раскатки из-за отсутствия жесткого конца. При раскатке труб с $D/S > 35$ неравномерность деформации приводит к растрескиванию конца трубы и возникают трудности при снятии трубы с дорна.

Раскатка пилигримовой головки на свободном участке дорна позволяет уменьшить массу пильгерголовки на 75 и более процентов. Однако при этом существенно увеличивается время прокатки трубы (время «добивки» пильгерголовки составляет 20-30 % от общего времени прокатки толстостенной трубы), кроме того уменьшается диаметр заднего конца трубы, а также усложняется работа вальцовщика стана и не исключена возможность аварии при недопустимом нарушении синхронизации системы «валки – подающий аппарат». Вследствие утяжки наружных слоев металла в процессе раскатки пильгерголовки на внутренней поверхности в конце трубы образуется кольцевая складка глубиной 1-3 мм и шириной 20-50 мм.

Метод раскатки пильгерголовки на свободном участке дорна используют совместно с методом прокатки гильз встык в тех случаях, когда вследствие нарушения синхронизации работы прошивного и пилигримового станов



очередная гильза приходит с более низкой температурой, что не позволяет осуществить процесс стыковки двух гильз из-за возможной перегрузки стана. В этом случае раскатку пильгерголовики осуществляют на предварительно освобожденном от раската дорне с последующим окончательным освобождением дорна из трубы. Недостатком метода является уменьшение сцепления раската с дорном после предварительного извлечения последнего, что при раскатке пильгерголовики приводит к значительному смещению заднего торца гильзы при первых ударах валков. После входа в зону деформации заднего торца гильзы в валки начинают поступать поперечные сечения пильгерголовики с переменной площадью. При этом при постоянной величине подачи m объем подачи непрерывно уменьшается в связи с уменьшением площади входящего в валки сечения металла. В результате этого непрерывно уменьшается и величина отката из-за уменьшения коэффициента вытяжки μ_{Σ} , что приводит к нарушению синхронизации системы «валки – подающий аппарат».

При использовании непрерывно- и центробежнолитых заготовок раскатка пильгерголовики на тонкостенных трубах, где обеспечивается наибольшая эффективность этой технологии, значительно осложняется проблемой снятия трубы с дорна шибберным устройством из-за смятия заднего конца трубы. Поэтому технология полной раскатки пильгерголовики при прокатке тонкостенных труб не нашла практического применения.

На кафедре ОМД «Днепропетровского металлургического института» были проведены теоретические и экспериментальные исследования по изучению процесса раскатки пилигримовой головки на свободном участке дорна, что позволяет получить значительную экономию металла. С точки зрения экономии металла этот способ раскатки пильгерголовики особенно эффективен при получении тонкостенных труб, однако основные проблемы возникают именно при прокатке таких труб. Эти исследования получили развитие в работах А.П. Чекмарева, А.А. Чернявского, В.Н. Данченко, В.М. Друяна, В.В. Березовского и др.

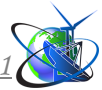
Одной из основных задач при проектировании процесса раскатки гильзы без подпора со стороны подающего аппарата является определение величины относительного перемещения дорна и раската, что необходимо для правильного построения технологического процесса и определения свободного участка дорна под раскатку головки.

На рис. 5 приведена кинематическая схема процесса свободной прокатки металла валком на дорне, моделирующая процесс пилигримовой прокатки при отсутствии подпора непосредственно в торец металла со стороны подающего аппарата. Металл и дорн под действием валков перемещаются с различными скоростями V_m и V_d и соответственно.

За одну подачу металла в валки m абсолютное смещение металла относительно дорна составит [11]:

$$\Delta C = \ell_{\Sigma} - C_d, \quad (3)$$

где ΔC – смещение металла относительно дорна, мм; ℓ_{Σ} – удлинение металла за один цикл (за одну подачу m при суммарной вытяжке μ_{Σ} на пилигримовом



стане);

$\ell = m \mu_{\Sigma}$, S_d – путь перемещения дорна за один цикл прокатки (один оборот валков) с учетом полной подачи m .

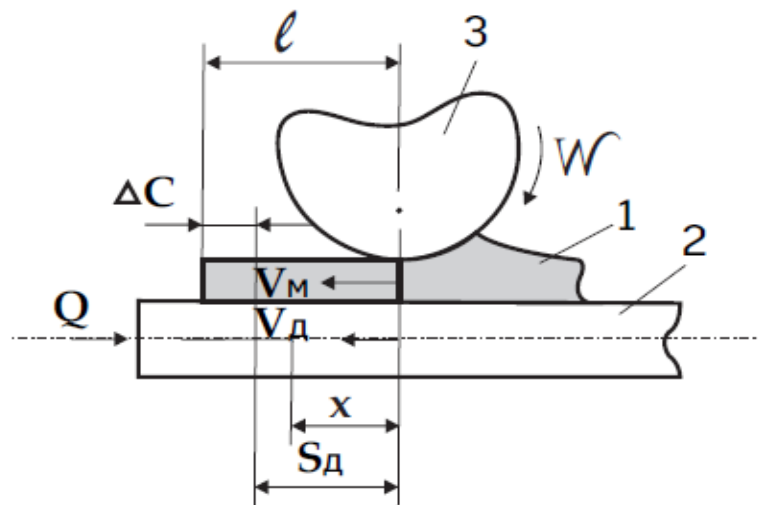


Рис. 5 Схема прокатки гильзы на дорне валками при раскатке пилигримовой головки на свободном участке дорна: 1 – гильза, 2 – дорн, 3 – валок

Величина перемещения дорна S_d за один цикл (при полностью раскатанном объеме подачи) определяется по выражению

$$S_d = \int_0^{\ell} \frac{V_D}{V_M} dx \quad (4)$$

Смещение S_d может быть найдено при определении скоростного коэффициента $\frac{V_D}{V_M} = f(x)$.

В работах [3, 11, 13 и 14] с помощью энергетической теории прокатки В.Н. Выдрина [15] с учетом прокатки металла в валках на дорне с подпором последнего со стороны воздушной камеры подающего аппарата были определены величины скоростей V_M и V_D . При расчетах ΔC учитывалась специфика свободной раскатки пилигримовой головки, что обусловлено необходимостью сначала осуществления докатки нераскатанного металла на заднем конце гильзы, а затем раскатка переменного профиля (собственно пилигримовой головки), в основу которой положен режим непрерывного увеличения подачи, обеспечивающий постоянство $V_n = mFr$, где m – величина подачи в установившемся процессе, Fr – площадь поперечного сечения гильзы.

Теоретические исследования позволили установить, что в процессе свободной раскатки скорость металла все время остается выше скорости дорна, т.е. металл в каждом цикле все время смещается относительно дорна ($\Delta C > 0$). Это смещение за один цикл (при полном откате) составляет 5-11 мм.

Величина смещения заднего торца раската по дорну за один цикл прокатки (один оборот валков) зависит в основном от величины задаваемого объема металла в валки, коэффициента вытяжки, усилия противодействия со стороны воздушного цилиндра и условий трения между раскатом и дорном, что



подтверждается лабораторными исследованиями в работе [3].

В результате пластического течения металла по дорну происходит смещение заднего торца раската в направлении вращения валков, что уменьшает фактическую величину подачи в очередном цикле прокатки. В общем случае это требует корректировки подачи с учетом указанного смещения. Теоретическое определение величины указанного смещения с целью корректировки подачи металла в очередном цикле прокатки дает только ориентировочные значения смещения из-за сложности такой задачи. Поэтому здесь необходимо в основном опираться на результаты специальных экспериментальных исследований в реальных производственных условиях.

Общее смещение металла относительно дорна ΣC колеблется в пределах 50-200 мм. Существенное влияние на ΣC оказывают длина пилигримовой головки и суммарная вытяжка, причем последний фактор оказывает более сильное влияние. Так, раскатка пильгерголовак толстостенных труб сопровождается незначительным смещением ΣC . Поэтому раскатка пильгерголовак для этого сортамента труб получила более широкое применение на практике.

Среди имеющихся проблем раскатки пильгерголови можно выделить следующие:

1. при раскатке тонкостенных труб невозможно осуществить замену дорна при использовании шибера: вследствие малой продольной устойчивости заднего конца трубы происходит его смятие, что с одной стороны увеличивает расход металла, а с другой в отдельных случаях делает процесс смены дорна невозможным;

2. раскатка пильгерголови на свободном участке дорна требует его предварительного извлечения из раската на $\sim 1,2-1,5$ м; при этом нарушается сцепление раската с дорном, что неблагоприятно сказывается на первых циклах раскатки пильгерголови, приводящих к смещению раската в направлении дорнового замка под действием валков пилигримового стана. Это в свою очередь требует более точного определения величины предварительного извлечения дорна из раската с учетом ширины шибера и смещения металла в каждом цикле раскатки пильгерголови;

3. незакрепленное дорновое кольцо, перемещаясь по свободному участку дорна разбивает дорновый замок подающего аппарата и может создать аварийную ситуацию при попадании в калибр валков;

4. отсутствуют достаточно простые и надежные технические решения, не приводящие к существенному увеличению вспомогательного времени для осуществления раскатки пильгерголови.

Пилигримовая головка, как известно, состоит из двух основных частей: нераскатанной части гильзы длиной $\approx 40-60$ мм, и собственно переменного профиля, представляющего собой развертку бойка пильгервалка. Поэтому после раскатки участка гильзы в валки начинает поступать переменный профиль F_x . При этом при постоянной величине подачи m объем подачи непрерывно уменьшается в связи с уменьшением входящего в валки сечения металла F_x , что приводит к нарушению синхронизации системы «валки —



подающий аппарат».

Недостатками существующего процесса раскатки пилигримовой головки являются следующие:

- использование величины подачи применяемой в установившемся режиме приводит к увеличению длительности процесса раскатки и снижению его производительности, а также производительности пилигримового стана;
- в каждом последующем цикле раскатки в валки задается раскат уменьшенного поперечного сечения, что приводит к нестабильности процесса раскатки вследствие уменьшения величины отката и угла кантовки раската. Уменьшение угла кантовки раската приводит к увеличению неравномерности поперечной деформации и образованию дефектов, а также увеличению разностенности труб;
- уменьшение отката приводит к нарушению синхронизации процесса прокатки в системе: «валки – подающий аппарата», что также снижает производительность стана.

Целесообразно раскатку пилигримовой головки осуществлять с переменной величиной подачи в каждом цикле раскатки головки, определяемой по выражению [3]:

$$m_i = -A \ln \frac{B-i}{B-(i-1)}, \quad (5)$$

где $A = \frac{l_r}{\ln \mu_\Sigma}$, $B = \frac{A}{m}$,

i – порядковый номер цикла раскатки пилигримовой головки $i = 1 \dots N$; l_r – длина пилигримовой головки; μ_Σ – коэффициент вытяжки на пилигримовом стане; m – величина подачи в установившемся процессе прокатки.

Производительность процесса пилигримовой прокатки зависит от величины объема подачи V_n в каждом цикле раскатки гильзы валками при постоянстве угловой скорости валков. При этом величина объема подачи равняется произведению величины подачи в установившемся режиме на площадь поперечного сечения гильзы F_r в основной ее части ($V_n = m F_r$). При установившемся режиме пилигримовой прокатки величина объема подачи $V_n = \text{const}$. При раскатке пилигримовой головки валками на свободном участке дорна в валки в каждом цикле задается величина объема подачи меньшая по сравнению с установившемся режимом за счет снижения площади поперечного сечения раската, которая уменьшается по мере раскатки гильзы. Снижение объема подачи снижает производительность процесса раскатки пилигримовой головки и всего пилигримового стана. Для повышения производительности предложено сохранить объем подачи $V_n = \text{const}$ и при раскатке пилигримовой головки за счет увеличения величины подачи в каждом цикле раскатки пропорционально уменьшению площади поперечного сечения раската в соответствии с выражением (5), в котором величина подачи в каждом цикле раскатки пилигримовой головки зависит от величины подачи m в установившемся режиме, длины пилигримовой головки l_r , суммарного коэффициента вытяжки μ_Σ и порядкового номера цикла раскатки i .



Величина подачи m равняется подаче в установившемся процессе пилигримовой прокатки и зависит от выбранных параметров согласно таблице прокатки. При этом величина подачи m ограничивается при прокатке тонкостенных труб качеством продукции (преимущественно точностью по толщине стенки) с учетом требований стандартов на трубы. В результате использования предложенной технологии обеспечивается сохранение условия $V_n = \text{const}$ и снижение числа циклов раскатки пилигримовой головки, что повышает производительность процесса. Кроме того, обеспечивается также стабилизация процесса раскатки пилигримовой головки за счет постоянства величины отката и угла кантовки раската, связанного с величиной отката.

Для реализации предложенного способа может быть использован подающий аппарат с механическим дозатором величины подачи, позволяющий оперативно изменять подачу в каждом цикле прокатки и строго дозировать ее величину. Такой подающий аппарат эксплуатируется на пилигримовых станах, разработанных фирмой «МДМ» (ФРГ).

В случае использования подающего аппарата, механизм кантовки которого зависит от отката, можно допускать уменьшение отката не более чем на 30 %, что связано с обеспечением необходимого угла кантовки (не менее 50°). При этом уменьшение отката более чем на 30 % приведет к появлению закатов на трубах и ухудшению качества наружной поверхности.

Технология горячей пилигримовой прокатки труб с раскаткой пильгерголки заключается в следующем. Раскатку гильзы 1 валками 2 на дорне 3 с подпором заднего торца дорновым кольцом 4 осуществляют с образованием недоката заднего конца гильзы в виде пилигримовой головки 5 (рис. 6а).

Хвостовик 6 дорна 3 соединен с замком 7 дорновой головки 8 подающего аппарата (на чертеже не показан). Прокатку в установившемся режиме осуществляют с выбранной скоростью вращения валков и максимальной величиной подачи m , ограниченной точностью прокатываемых труб.

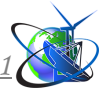
Размеры гильзы и трубы на пилигримовом стане определяются таблицей прокатки.

После образования на заднем конце гильзы пилигримовой головки снимают подпор со стороны дорнового кольца на задний торец гильзы за счет предварительного извлечения дорна из раската на величину $L = 1,2\text{--}1,5$ м с помощью шиберного устройства. Для этого фиксируют задний торец гильзы шибером 9 и перемещением каретки подающего аппарата извлекают дорн из раската на величину $\ell_n = 1,2\text{--}1,5$ м (рис. 6 б и в). В результате предварительного извлечения дорна из раската нарушается сцепление его с дорном, которое впоследствии восстанавливается в процессе раскатки головки.

В общем случае длина участка дорна для раскатки пильгерголки определяется из выражения:

$$\ell_g = \Sigma C_1 + \Sigma C + \ell_{gk} + \ell_{ш} + \ell_o \quad (6)$$

где ΣC_1 – смещение раската при его скольжении по дорну в первых циклах раскатки за счет усилий со стороны валков; ΣC – суммарное смещение в результате пластического течения металла в каждом цикле раскатки; ℓ_{gk} –



ширина дорнового кольца; $\ell_{ш}$ – ширина шибера; ℓ_o – резерв свободного участка дорна; $\ell_o = 100$ мм.

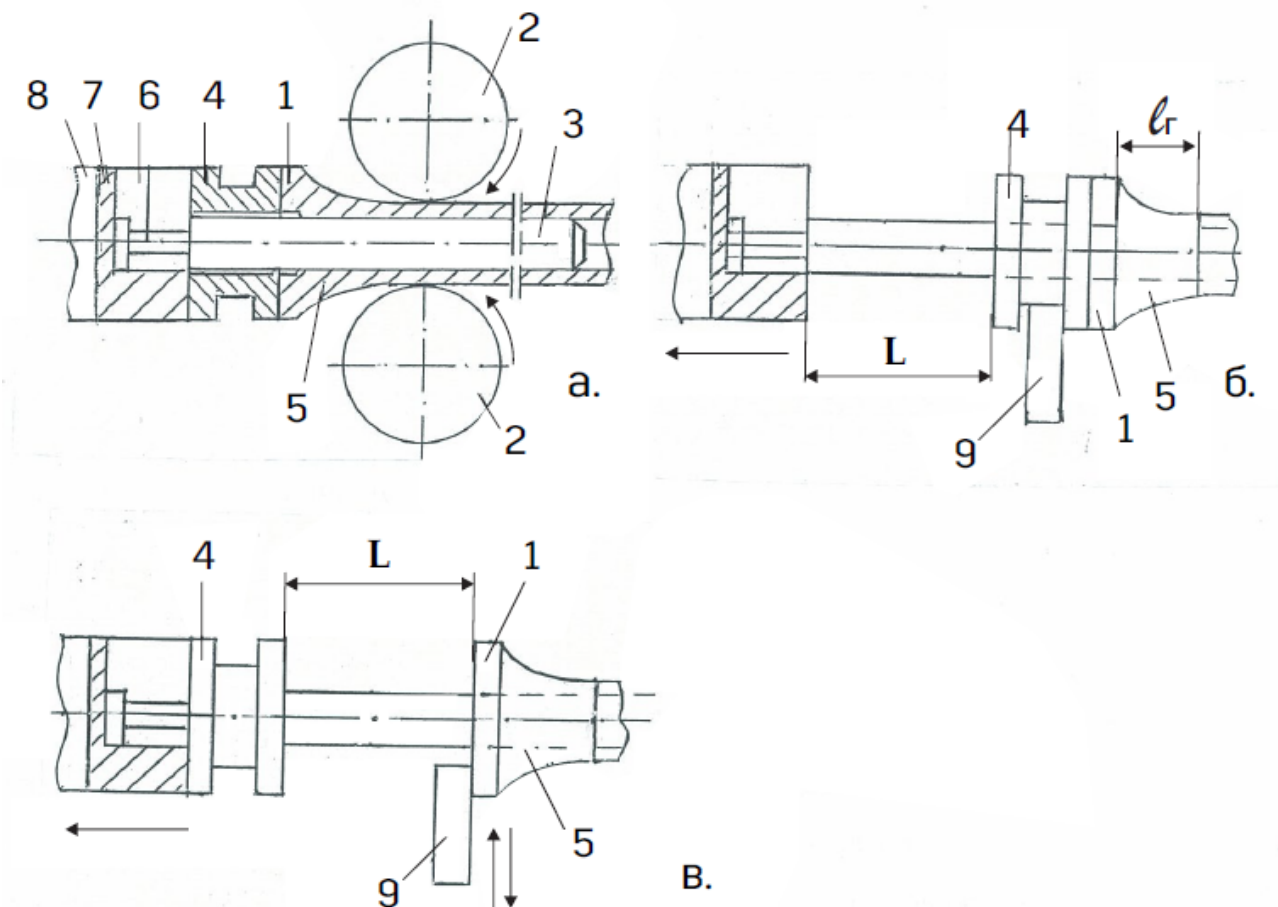


Рис. 6 Схема пилигримовой прокатки с образованием пилигримовой головки на заднем конце гильзы. (а) и стадии предварительного извлечения дорна из раската (б и в). Обозначения в тексте

При этом необходимо рассмотреть два случая раскатки пилигримовой головки: первый случай, когда осуществляют предварительное извлечение дорна из раската с нарушением сцепления между ними и второй случай, когда сохраняется первоначальное сцепление раската с дорном, а необходимый свободный участок дорна выдвигается из дорновой головки, что увеличивает общую длину дорна. В первом случае расчеты для ℓ_g показывают, что эта величина составляет 1,2-1,5 м. Во втором случае величина ℓ_g значительно уменьшается в результате $\Sigma C_1=0$ и может быть доведена до 500 мм (без учета ℓ_{gk}). Во втором случае раскатки головки снижается вспомогательное время прокатки.

При первых циклах раскатки пилигримовой головки валками на свободном участке дорна раскат смещается в направлении вращения валков на величину до 400 мм.

При последующих циклах раскатки величина смещения торца раската в направлении дорнового кольца составляет $10 \div 12$ мм и обусловлена пластическим течением металла. При докатке пилигримовой головки торец гильзы перед началом каждого цикла раскатки должен находиться за линией



центров на расстоянии не превышающем критическое (рис. 7).

Критическое расстояние L_k – это максимальное расстояние от торца головки до линии центров валков, при котором еще возможен контакт металла с валком. Это расстояние может быть определено по выражению (рис. 7):

$$L_k \leq \sqrt{r_k^2 - (R_i - R_r)^2} \quad (7)$$

где r_k – радиус касания трубы полирующим участком валка с углом Θ_n , мм; R_r – радиус заднего торца головки, мм; R_i – идеальный радиус валка, мм.

Для начала осуществления захвата металла и начала процесса раскатки головки необходимо обжатие головки по толщине стенки, что возможно только за счет увеличения радиуса валка на участке бойка.

Так в точке С (рис. 11) наличие касания не приведет к захвату металла валками вследствие того, что в точке С радиус касания $r_k = r_n$ и при вращении валка $r_n = \text{const}$.

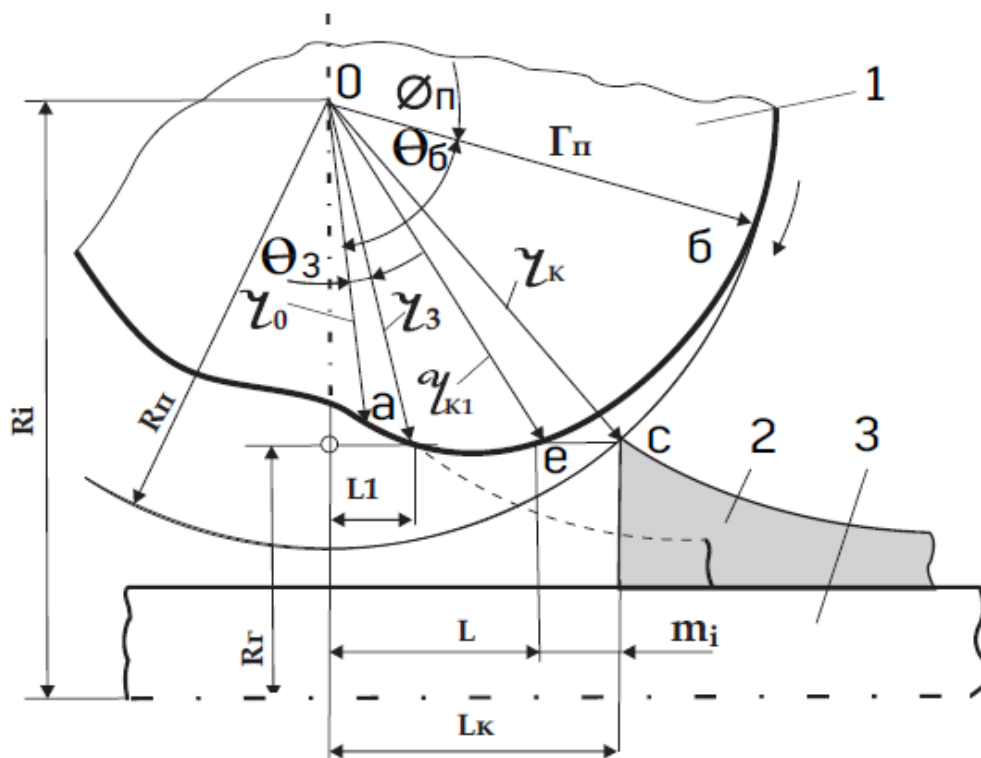


Рис. 7 К определению условий начала процесса раскатки пильгерголовки на свободном участке дорна: 1 – валок, 2 – пильгерголовка, 3 – дорн

Из этого следует вывод, что радиус касания r_k должен находиться между r_0 и r_n , т.е. $r_0 < r_k < r_n$. Участок профиля (а-δ) между радиусами r_0 и r_n соответствует бойку с углом Θ_0 , где в направлении вращения валка радиус профиля увеличивается от r_0 до r_n и где возможно обжатие металла.

Для этого торец головки должен быть выдвинут за линию центров валков на расстояние $L < L_k$, при этом:

$$L = L_k - m_i, \text{ мм} \quad (8)$$

где m_i – величина подачи, которая может быть принята из различных условий.



Наличие касания валка с головкой в этом случае будет иметь место в точке е. При вращении валка в результате разности радиусов $\Delta r = r_n - r_{kl}$ наступит обжатия головки, что является реальной предпосылкой для захвата металла валками.

Проанализируем несколько вариантов начала процесса раскатки головки при различных значениях L , что при заданном L_k будет определять разную величину подачи m_i . При $L = m$, (где $m = m_{уст}$ – подача в установившемся процессе) обжатие головки не произойдет. При этом будет только перекатывание валка по головке без обжатия металла. Таким образом, L должна быть больше $m_{уст}$, т.е. $L > m_{уст}$. При этом необходимо учитывать также фактор отсутствия жесткого заднего конца, что в определенной степени должно ограничивать реальную величину подачи для предотвращения чрезмерного увеличения поперечного течения металла и повышенной овализации сечения головки.

Для этого можно принять приближенно значение выдвижения торца головки линию центров на величину:

$$L = (0,15 - 0,20) L_k \quad (9)$$

Проведенный расчет значений L_k и L позволил оценить реальные значения этих величин при прокатке труб размером 219×8 мм. Для определения L_k были использованы параметры пильгервалков, размеры калибра и диаметра гильзы:

$$Rr = 182 \text{ мм}; R\delta = 400 \text{ мм}, \Pi = 22 \text{ мм}, Ri = 411 \text{ мм}; d_k = 288 \text{ мм};$$

$$r_n = R\delta - \frac{d_k}{2} = 286 \text{ мм}. \text{ Тогда } L_k = 171 \text{ мм}.$$

Первоначальную задачу торца головки за линию центров валков целесообразно осуществить на расстояние L в соответствии с выражением (10). Тогда $L = 25,6-34,2$ мм. При повороте валка на угол α , соответствующий принятому значению L когда нулевой радиус r_0 выйдет на линию центров, валок на участке гребня начнет обжимать головку по стенке, что будет соответствовать периоду захвата.

Необходимо отметить, что в первоначальный момент раскатки пильгерголки условия захвата легче, чем при первом этапе затравки, т.к. раскат находится за линией центров валков и отсутствует подпор на раскат со стороны воздушного цилиндра подающего аппарата.

По мере раскатки пилигримовой головки валками на дорне вследствие уменьшения объема подачи $V_n = Fr \times n$ из-за уменьшения площади поперечного сечения Fr в каждом цикле снижается производительность стана. Поэтому согласно новой технологии увеличивают величину подачи в соответствии с выражением (5) для соблюдения условия

$$V_n = \text{const} = Fr \cdot m, \quad (10)$$

где Fr – площадь поперечного сечения гильзы; m – величина подачи в установившемся процессе.

Изменение величины подачи m_i при раскатке пилигримовой головки при условии $V_n = Fr \cdot m = \text{const}$ приведено на рис. 8.

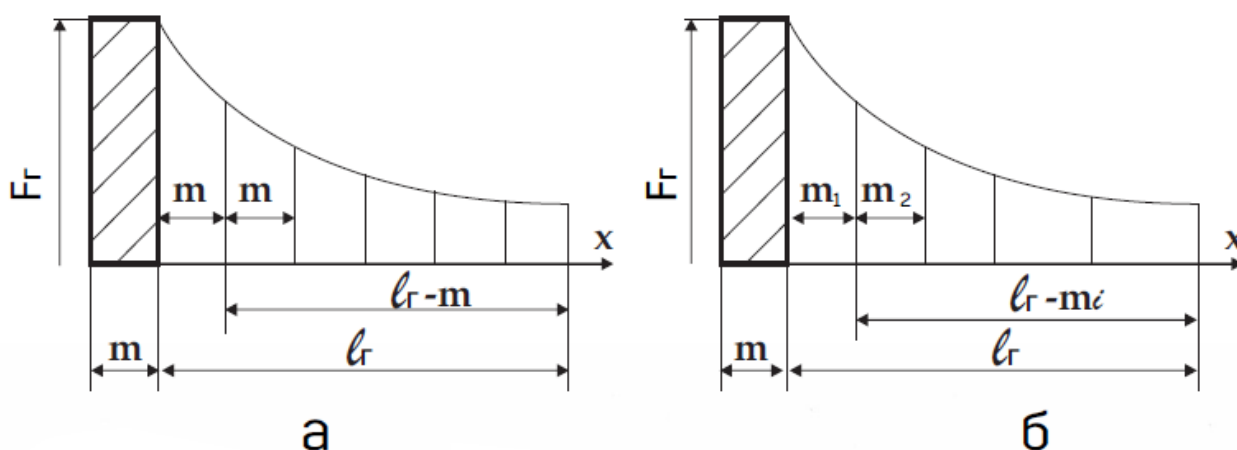


Рис. 8 Изменение величины подачи m_i при раскатке пилигримовой головки по двум режимам: а – $m_i = \text{const}$, б – $Vn = \text{const}$

При этом $\sum_{i=1}^N m \neq l_r$, а уменьшение длины пилигримовой головки в процессе ее раскатки $\Delta l = l_r - \sum_{i=1}^N m$.

Использование режима подачи по выражению (5) при раскатке пилигримовой головки валками на свободном участке дорна позволяет повысить производительность стана за счет снижения количества циклов раскатки головки, а также повысить стабильность процесса раскатки пилигримовой головки за счет стабилизации величины отката и угла кантовки раската, что улучшает качество труб.

При раскатке пилигримовых головок с постоянной величиной подачи m равной величине подачи в установившемся процессе число циклов раскатки определяется по выражению

$$N = l_r / m \quad (11)$$

При раскатке пилигримовых головок с переменной величиной подачи m_i , определяемой из условия $Vn = \text{const}$ число циклов раскатки определяется по выражению

$$N = \frac{l_r}{m \ln \mu_{\Sigma}} \left(1 - \frac{1}{\mu_{\Sigma}} \right). \quad (12)$$

Время раскатки пилигримовых головок зависит от числа оборотов валков пилигримового стана и числа циклов раскатки головки. Время одного оборота валков определяется из выражения $\tau = \frac{60}{n}$, с, где n – число оборотов валков пилигримового стана, об/мин. Время раскатки пилигримовой головки определяется из выражения $\tau_p = \tau \cdot N$, с, (13)

Выводы

1 Рассмотрены проблемы одного из наиболее эффективных методов уменьшения технологической обрезки на пилигримовом стане – раскатки пилигримовой головки на свободном участке дорна, который вместе с тем не получил широкого распространения. Наиболее эффективным этот метод является при прокатке тонкостенных труб, при этом его возможности



ограничены условиями освобождения дорна после полной раскатки пильгерголовки.

2 Для снижения длительности процесса раскатки пилигримовой головки предложено осуществлять его с переменной величиной подачи в каждом цикле раскатки для сохранения величины объема подачи вследствие уменьшения площади поперечного сечения раската. Для реализации такой технологии необходимо использовать подающий аппарат с механическим дозатором величины подачи, позволяющий оперативно изменять подачу в каждом цикле раскатки и строго дозировать ее величину. Для этого необходимо модернизировать подающие аппараты, эксплуатируемые на ТПА 5-12" в Украине.

3 Негативным фактором, влияющим на процесс раскатки пилигримовой головки на свободном участке дорна является нарушение сцепления между трубой и дорном после предварительного извлечения последнего на $\sim 1,5$ м, что обуславливает значительное смещение раската по дорну при первых циклах деформации валками пилигримовой головки и увеличивает вспомогательное время.

4 Проанализированы условия раскатки пильгерголовки по двум режимам подачи: с $m = m_{уст} = \text{const}$ и с m_i при $V_n = \text{const}$, где $V_n = m_i \times F_i$. Установлено, что раскатка пильгерголовки по второму режиму подачи снижает более чем в 2 раза число циклов раскатки N и соответственно ее длительность. При этом повышается стабильность раскатки головки за счет стабилизации величины отката и связанного с ним угла кантовки раската.

Список литературы

1 Шевакин Ю.Ф. Экономия металла при горячей прокатке труб на пилигримовых станах / Ю.Ф. Шевакин, Б.Н. Матвеев, Г.А. Бибик и др. // Сталь, 1971, № 1, с. 53-56.

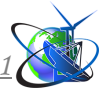
2 Карпенко Н.Л. Пути снижения расхода металла при производстве труб на установках с пилигримовыми станами / Карпенко Н.Л., Сергеев И.И., Сафьянов А.В. и др. // Сталь, 1978, № 8, с. 738-741.

3 Чернявский А.А. Экономия металла при производстве труб нефтяного сортамента / А.А. Чернявский, В.В. Березовский, Ю.Д. Угрюмов. М, Металлургия, 1987 – 304с.

4 Угрюмов Ю.Д. Методы уменьшения массы пильгерголовки при горячей прокатке труб / Ю.Д. Угрюмов, В.Ф. Балакин, Д.Ю. Угрюмов и др. // ОАО «Черметинформация», Бюллетень «Черная металлургия», 2011, № 10, – с. 68-77.

5 Балакин В.Ф. Пути снижения массы пильгерголовки при горячей прокатке труб / В.Ф. Балакин, Ю.Д. Угрюмов, Д.Ю. Угрюмов // Теория и практика металлургии, 2012, № 1-2, с. 32-36.

6 Балакин В.Ф. Пути снижения массы пилигримовой головки / В.Ф. Балакин, С.Л. Стасевский, А.А. Ксенз и др. // Коллективная монография: Совершенствование производства стали, труб и железнодорожных колес. – Днепропетровск: ЧМП «Экономика», – 2015 – с. 262-287.



7 Сокуренок В.П. Снижение расхода металла при горячей периодической прокатке труб за счет уменьшения массы пилигримовой головки / В.П. Сокуренок, Д.Ю. Гармашев, С.Л. Стасевский, Ю.Д. Угрюмов, А.А. Ксенз // ОАО «Черметинформация», Бюллетень «Черная металлургия», 2014, № 2, – с. 74-82.

8 Павловский Б.Г. Определение технологической обрезки на пилигримовых станах и прогнозирование ее уменьшения» / Б.Г. Павловский, С.Л. Стасевский, Ю.Д. Угрюмов, А.Ф. Гринев // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2016, № 3, с. 78-84.

9 Авт. свид. 290778 СССР Способ горячей пилигримовой прокатки труб / Я.Л. Ваткин, В.Н. Умеренков, В.Н. Данченко и др. В21В21/00, опубл. 06.01.1971 г. Бюл. № 3.

10 А.А. Чернявский. Прокатка тонкостенных труб нефтяного сортамента на пилигримовом стане без пильгерголовок / А.А. Чернявский, В.М. Друян, В.Н. Данченко, В.В. Березовский, В.А. Постный // Металлургическая и горнорудная промышленность, 1974, № 1, с. 22-23.

11 Чекмарев А.П. Кинематические особенности процесса свободной раскатки пилигримовой головки / А.П. Чекмарев, А.А. Чернявский, В.М. Друян, В.В. Березовский, Л.И. Вайнштейн // Металлургия и коксохимия, 1975, вып. 16, Киев, Техника, с. 98-104.

12 Данченко В.Н. Пилигримовая прокатка труб с раскаткой пильгерголовок / В.Н. Данченко, А.А. Чернявский, В.А. Постный, В.В. Березовский, Е.Н. Панюшкин // Металлургия и коксохимия, 1981, вып. 71, Киев, Техника, с. 82-85.

13 Березовский В.В. Теоретические основы и пути реализации малоотходной технологии пилигримовой прокатки качественных труб из металла непрерывной разливки. Дисс. на соискание ученой степени докт. техн. наук в форме научного доклада. Днепропетровск, 1989 г. – 36 с.

14 Постный В.А. Пилигримовая прокатка труб с полной раскаткой пильгерголовок / Постный В.А., Панюшкин Е.Н., Березовский В.В. Металлургическая и горнорудная промышленность, 2000, с. 339-341.

15 Выдрин В.Н. Динамика прокатных станов. Москва – Свердловск, Металлургиздат, 1960, 255с.

*Посвящается: Чернявский Анатолий Александрович –
(10.06.1923 – 23.01.2013) известный ученый и специалист в
области трубного производства, к.т.н., начальник лаборатории горячей
прокатки труб ЦЗЛ Нижнеднепровского трубопрокатного завода*



УДК 636.2.034.084

PRODUCTIVITY OF MILKING COWS UNDER DIFFERENT APPROACHES TO THE ORGANIZATION OF THEIR TECHNOLOGY OF FEEDING**ПРОДУКТИВНІСТЬ ДІЙНИХ КОРІВ ЗА РІЗНИХ ПІДХОДІВ ЩО ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ГОДІВЛІ****Zolotaryov A.P. / Золотарьов А.П.***researcher/науковий співробітник***Sedyuk I.E. / Седюк І.Є.***senior researcher /старший науковий співробітник**c. of a.s./к.с.з.н***Piskun V.I. / Піскун В.І.***head of the laboratory/завідувач лабораторії**dr. of a. s/д.с.з.н**Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Kharkiv, ul. Animals 1-A, 61026*

Анотація. Однією з важливих і складних проблем, яку необхідно вирішити агропромислому комплексу країни - збільшення виробництва екологічно чистих та біологічно повноцінних продуктів харчування. Дефіцит кормового білка є однією з причин, що не дозволяють збільшити продуктивність тварин. Для ліквідації порушень протеїнового харчування необхідно пошук шляхів підвищення ефективності його використання. В світі одним із напрямків вирішення цієї проблеми є застосування захищеного протеїну.

При використанні захищеного протеїну встановлено, що при загальній поживності раціону 229,6 МДж, затратах корму на 1кг. молока 7,70 МДж, вмісту сирого протеїну 3498 г. та захищеного протеїну 1203 г, проти захищеного протеїну в базовому варіанті 848,1г., надій натурального молока на 1голову за добу склав 29,80 кг. що на 6,8 % ніж в базовому варіанті. Аналіз продуктивності дійних корів за різних підходів що до організації технології їх годівлі і зокрема при використанні продукту «ТЕП-мікс» з захищеним протеїном показав суттєву перевагу нового варіанту, для якого цільова функція за розглянутими критеріями є меншою і становить 0,0338 при тому, що цільова функція базового варіанту гірша в 7,17 рази.

Ключові слова: дійні корови, продуктивність, технологія, годівля, молоко, захищена енергопротеїнова добавка.

Вступ. Забезпечення продовольчої безпеки країни в даний час є одним з важливих завдань. Тому однією з важливих і складних проблем, яку необхідно вирішити агропромислому комплексу країни - збільшення виробництва екологічно чистих та біологічно повноцінних продуктів харчування. Молочне скотарство є однією з основних галузей сільського господарства оскільки визначає не тільки ефективну діяльність сільськогосподарських товаровиробників, а й займає важливе місце в забезпеченні населення молочними продуктами. Вирішення цього питання повинно базуватися на інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на основі створення міцної кормової бази, так як найбільш повне задоволення потреб організму тварин в поживних речовинах, що дозволяє економно витрачати корми, збільшувати тривалість продуктивного використання тварин, зберегти відтворювальні функції на високому рівні, отримувати продукцію високої якості. Саме недостатня забезпеченість кормами та низька їх якість призводить до того, що



генетичний потенціал тварин реалізується лише на 40-90 %. Корми значною мірою є визначальними і для економічних показників, оскільки в структурі собівартості тваринницької продукції на їх частку припадає до 70 % витрат. Дефіцит кормового білка є однією з причин, що не дозволяють збільшити продуктивність тварин. Для ліквідації порушень протеїнового харчування необхідно пошук шляхів підвищення ефективності його використання в організмі і способів збільшення конверсії азотистих речовин в тваринницьку продукцію. Незважаючи на увагу до цього питання, дефіцит білка в кормовому балансі як і раніше залишається проблемою, яка стримує реалізацію генетичного потенціалу тварин [1-3]. В світі одним із напрямків вирішення цієї проблеми є застосування захищеного протеїну. В Україні з цією метою виготовляють добавку ТЕП-мікс.

Мета досліджень. Визначення продуктивність дійних корів за різних підходів що до організації технології їх годівлі з захищеним протеїном та оцінка результатів на основі багатокритеріального аналізу.

Методика досліджень. Дослідження проводили в ДПДГ «Шевченківське» Київської області. Методом пар-аналогів сформували дві групи дійних корів - дослідну та контрольну по 50 голів. Дослід тривав 90 днів.

Багатокритеріальний аналіз проводили, за методом оцінки інтегрального критерію відстані до цілі із застосуванням підходу згортання всіх критеріїв до одного N за допомогою нормування [4].

Основний текст. Технологія виробництва молока передбачала прив'язне утримання, у чотирядному приміщенні. Результати досліджень по визначенню продуктивності дійних корів за різних підходів що до організації технології їх годівлі і зокрема при використанні продукту «ТЕП-мікс» з захищеним протеїном представлено в табл.1.

Таблиця 1

Дані визначення продуктивність дійних корів за різних підходів що до організації технології їх годівлі

Показники \ Варіанти	Позна-чення	Базовий варіант	Дослідний варіант
Вартість раціону на 1 гол.добу, грн	ВР	103,52	109,37
Загальна поживність раціону, МДж	ЗПР	229,7	229,6
Затрати корму на 1кг. молока, МДж	ЗК	8,27	7,70
Протеїн сирий, г	ПС	3461	3498
Захищений протеїн, г	ЗП	848,1	1203
Кількість натурального молока на 1голову за добу, кг	КНМ	27,76	29,80
Білок, %	Б	3,9	3,07
Жир, %	Ж	3,61	3,81
Собівартість молока 1 л, грн	СМ	6,22	6,12
Отримано прибутку на 1 голову, грн	ОП	605,07	654,41

Авторська розробка



На основі отриманих в умовах виробництва даних провели багатокритеріальний аналіз, за методом оцінки інтегрального критерію відстані до цілі із застосовуванням підходу згортання всіх критеріїв до одного N за допомогою нормування [4]. Загальну схему такого згортання та подальшого розв'язання задачі подано на рис. 1.

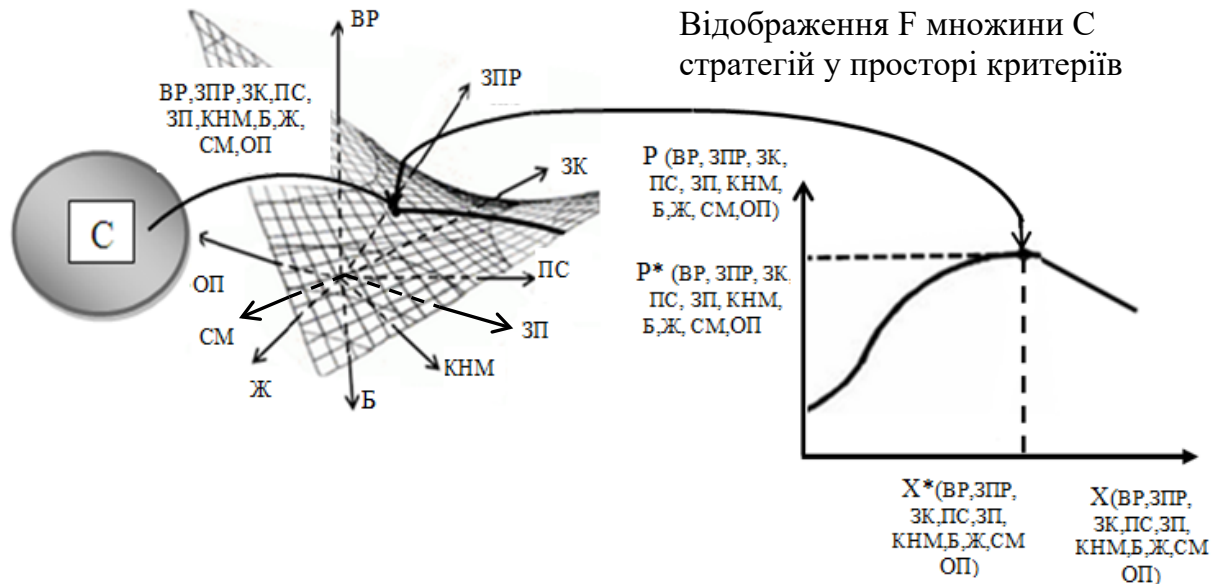


Рис. 1 – Схема стратегій прийняття рішень з урахуванням багатьох критеріїв

Авторська розробка

На рис. 1 усі наші орієнтовані графи – це елементи множини стратегій C , а їхні показники ефективності – сітка після першої стрілки. Мета – перейти від вектора до скаляра (друга стрілка на рис. 1). Тоді ми зможемо порівнювати різні технології (стратегії) та обрати найкращу. Для порівняльної оцінки за комплексним показником на основі методу багатокритеріального аналізу знаходимо відносну відстань $N(C_k)$ для кожного альтернативного рішення з виразу:

$$N(C_k) = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ij}^n - \sum_{i=1}^n u_{i_0}^n}{\sum_{i=1}^n u_{i_0}^n},$$

де n – кількість оцінюваних критеріїв.

Нормовані показники ефективності u_{ik} для базового та нового варіанту та функції мети $N(C_k)$, обчислені за вищенаведеною формулою, наведені в таб. 2

Результати проведеного порівняльного аналізу визначення продуктивності дійних корів за різних підходів що до організації технології їх годівлі і зокрема при використанні продукту «ТЕП-мікс» з захищеним протеїном за комплексним показником ефективності кожного із варіантів $N(C_k)$ у порівнянні з ідеалізованим, дають змогу відзначити суттєву перевагу нового варіанту, для якого цільова функція за розглянутими критеріями є меншою і становить 0,0338 при тому, що цільова функція базового варіанту гірша в 7,17 рази.



Таблиця 2

Нормовані показники по визначенню продуктивності дійних корів за різних підходів що до організації технології їх годівлі

Показники \ Варіанти	Базовий варіант	Новий варіант
Вартість раціону 1 гол. добу, грн	1	1,057
Загальна поживність раціону, МДж	1	1
Затрати корму на 1кг. молока, МДж	1,074	1
Протеїн сирий, г	1	1,011
Захищений протеїн, г	1,419	1
Кількість натурального молока на 1 голову за добу, кг	1,073	1
Білок, %	1	1,27
Жир, %	1,055	1
Собівартість молока 1 л, грн	1,016	1
Отримано прибутку на 1 голову за добу, грн	2,788	1
$\sum U_k$	12,425	10,338
$N(C_k)$	0,2425	0,0338

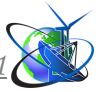
Авторська розробка

Заключення та висновки Аналіз продуктивності дійних корів за різних підходів що до організації технології їх годівлі і зокрема при використанні продукту «ТЕП-мікс» з захищеним протеїном показав суттєву перевагу нового варіанту, для якого цільова функція за розглянутими критеріями є меншою і становить 0,0338 при тому, що цільова функція базового варіанту гірша в 7,17 рази.

Література:

1. Цюпко В.В. Методические рекомендации по энергетическому и белковому питанию крупного рогатого скота. Харьков, 1987.
2. Homolka H., Tomankova O., Brenck T., Prediction of crude protein degradability and intestinal digestibility of rumen degradable // Czech J. Anim. Sci. - 2002.-47, № 3. с. 119-123.
3. Allen M. Effects of oil on short term regulation of feed intake by lactating dairy cattle // J. Dairy Sci., 2000. - 83, № 7. - с. 1598-1624.
4. Піскун В.І, Яценко Ю.В., Яценко Ю.Ю. Концепція оптимізації технологічних рішень виробництва продукції сільського господарства // Научные труды Modern engineering and innovative technologies, Германия, 2020. Т 1, вып. 12, С5-11. DOI: 10.30890/2567-5273.2020-12-01-015

Abstract. One of the important and solving problems, as it is necessary to ensure the agro-industrial complex of the country is to improve the production of ecologically clean and biologically advanced products. Deficiency of fodder food is one of the reasons that do not allow



the productivity of animals to increase. To eliminate the damage of protein food, it is necessary to make a joke of the nobles to improve the efficiency of this food. In one of the direct ways of dealing with the problem of storing the stolen protein.

When the stolen protein is vicious, it is established that, when the animal is out of the country, the rate is 229.6 MJ, the feed costs per 1 kg. milk 7.70 MJ, instead of sirgo protein 3498, and stolen protein 1203 g, anti-stolen protein in the base version 848.1 g. scho by 6.8% lower in the base version. An analysis of the productivity of live barks for the winter advances, before the organization of the technology for the last year and the spring with the victorian product "TEP-mix" the main function of the basic version of the girsh is 7.17 times.

Key words: *dairy cows, productivity, technology, feeding, milk, protected energy protein supplement*



УДК 544.971.2

REGULARITIES OF STRUCTURE FORMATION IN DESSERT TECHNOLOGY**ЗАКОНОМІРНОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ДЕСЕРТІВ****G.O. Sabadosh/Г.О. Сабадош***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

Анотація. В роботі надано характеристику та проведено аналіз технологій десертної продукції з гелеподібною структурою, розглянуто теоретичні передумови використання структуроутворювача в технології десертної продукції з гелеподібною структурою, зокрема, капа-карагінану. Проведено моделювання технології ягідного напівфабрикату з дикорослих ягід Закарпатського регіону для використання в складі десертної продукції, науково обґрунтовано концентрацію цукру для підвищення міцності модельних гелів.

Ключові слова: Ягідний напівфабрикат, структуроутворювач, карагінан, дикорослі ягоди, десерти, визначена консистенція, рецептурні компоненти

Вступ.

Актуальною проблемою сьогодення є зменшення негативного впливу на організм людини рендо- та екзофакторів, наслідками якого впливу є погіршення стану здоров'я. Одним із шляхів вирішення цього завдання є розробка технологій продукції підвищеної біологічної цінності із сировини з високим антиоксидантним та антиокислювальними властивостями, з високим вмістом біологічно-активних речовин, зокрема флавоноїдів.

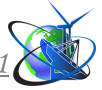
Дикорослі ягоди, якими багаті сировинні ресурси Закарпатського регіону, є справжньою скарбницею біологічно активних речовин (БАР). Останніми дослідженнями доведено, що за складом і вмістом фенольних речовин вони значно випереджають культурні сорти. Однак сезонність надходження плодів зумовлює використання їх у вигляді продуктів переробки (пюре, пасти, вичавки). Враховуючи хімічний склад та лікувально-профілактичну дію дикорослих ягід, використання їх при виробництві продукції ресторанного господарства, дозволить підвищити її біологічну цінність, антиоксидантні властивості.

Тому, створення нових технологій виробництва харчової продукції підвищеної якості, що містять інгредієнти з дикорослих ягід, які дозволяють забезпечити населення з продукцією з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Мета роботи.

Метою роботи є розробка технології десертів для закладів ресторанного господарства з використанням дрібнодисперсного напівфабрикату з ягід чорниці, ожини, брусниці імуномодельючої дії, вивчення їх якості за органолептичними показниками.

Одним із основних показників якості гелеподібної продукції є міцність гелю, а також величина синерезису. Регулювання функціональних властивостей гелеподібної продукції за рахунок використання полісахаридів та їх сумішей є



високоєфективним та перспективним.

Постановка проблеми.

Інжиніринг технології солодких страв, показав, що через різні чинники – тривалість і трудомісткість технологічного процесу виробництва і підготовки окремих компонентів рецептурної суміші, нестабільність властивостей сировини, короткочасного терміну зберігання й реалізації готової продукції, відсутності напівфабрикатів високого ступеню готовності – асортимент солодких страв обмежений або формується за рахунок виробів, що виготовляються підприємствами харчової промисловості [9]. При виготовленні гелеподібних страв використовують, в основному, імпорتنі загусники такі як желатин, пектин, метилцелюлоза тощо. У зв'язку з цим актуальним є пошук і введення компонентів при виготовленні желейних страв, які б мали високі желуючі властивості, високий вміст біологічно активних речовин і покращували колір готового продукту.

Харчова цінність гелеподібних солодких страв, як один з головних показників якості продукту, визначається складом рецептурних компонентів та смаковими властивостями. Для обґрунтування технології десертів з використанням речовин функціонального призначення (гелеутворювачів) карагінанів необхідно провести комплекс експериментальних досліджень:

- вивчити вплив технологічних чинників на структурно-механічні властивості гелів із використанням карагінанів;
- науково обґрунтувати технологічний процес драглеподібних солодких страв з додаванням ягідного н\ф.

Результати досліджень.

Текстура гелеподібних солодких страв забезпечується введенням в рецептуру структуроутворювачів полісахаридної природи – карагінану. Із червоних водоростей карагінан одержують уже більше 100 років. Екстрагують його з таких водоростей: фуцелярії, філофори, хондруса, еухеуми, гігартини. У чистому вигляді можуть бути одержані тільки основні типи карагінанів: капа, йота, лямбда, які й використовуються в харчовій промисловості:

- капа-карагінан утворює щільний, термозворотний, міцний, але крихкий гель зі значним синерезисом. Використовується переважно для виробництва десертів;
- йота-карагінан утворює еластичний, термозворотний, високотискотропний гель без синерезису. Використовується у виробництві гамбургерів, м'яких желе та ін.;
- лямбда-карагінан не утворює гелю, характеризується високими в'язкістю та швидкістю розчинення. Використовується у виробництві швидко розчинних вершків, молочних шейків тощо.

Важливим є те, що їх використання забезпечує стабільність показників якості готової продукції протягом всього терміну зберігання й реалізації. Для досягнення цієї мети використовують різного роду гелеутворювачі, а також їхні композиції. Так, наприклад, композиція, що складається з суміші карагінанів, камеді ріжкового дерева, може застосовуватися при виробництві ягідних напівфабрикатів десертів, для кондитерських виробництв, як наповнювач для



кондитерських кремів. Хоча карагінани не є поверхнево-активними речовинами, вони здатні стабілізувати дисперсні системи типу емульсій і суспензій завдяки їх загущаючих і тиксотропним властивостям, що перешкоджає поділу системи. Зміна текучих властивостей рідкої дисперсної системи в присутності карагінанів приводить не тільки до її стабілізації, але і до формування визначеної консистенції [4].

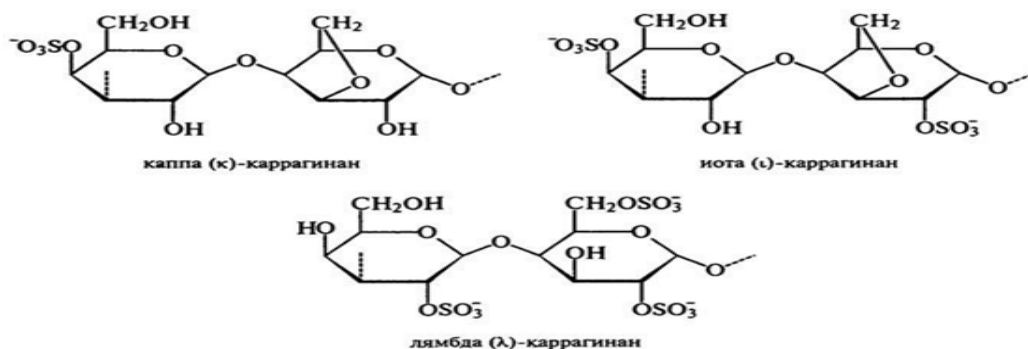


Рис. 1. Фрагменти молекул карагінанів за фракціями

З метою регулювання текстури ягідних напівфабрикатів, розроблено композицію, яка складається з карагінану, камеді ріжкового дерева, та може використовуватися у виробництві фруктових мас, фруктових десертів, пудингів, парфе та ін. До того ж, дана композиція забезпечує пастоподібну консистенцію, високу в'язкість, стійкість до механічних впливів, відсутність синерезису [3].

В результаті проведених досліджень був запропонований спосіб виробництва десерту «Трембіта», приготованого на основі знежиреного молока та напівфабрикату дикорослих ягід, один з 3-х видів: (Яфина-fest, Кам'янка-fino, Ожина Анти-стрес 15...30%).

Введення в рецептуру ягідного напівфабрикату з дикорослих ягід, дозволяє отримати виріб з гарними органолептичними показниками, з підвищеною харчовою цінністю. Так запропонований виріб, за вмістом вітамінів та мінералів, перевищує традиційний в 10-15 разів завдяки лікувальним властивостям сировини (дикорослі ягоди Закарпатського регіону). молочної, янтарної, бензойної, саліцилової, та може бути рекомендован як продукт оздоровчої дії.

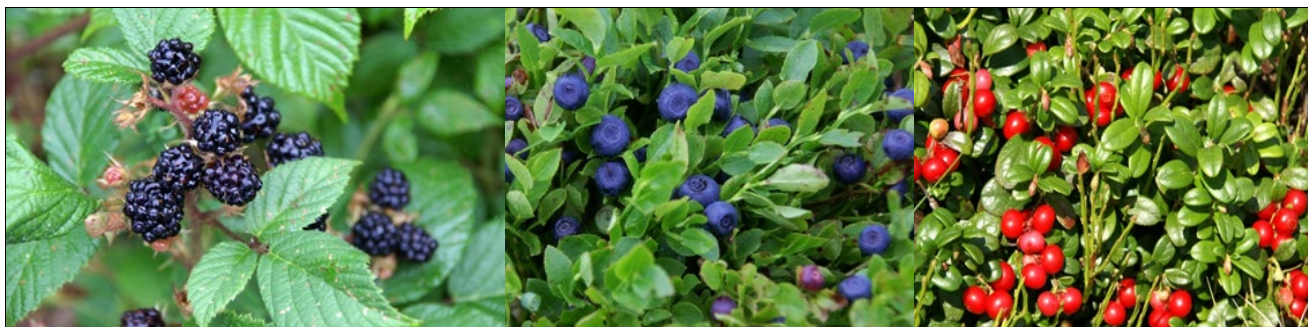
Високі харчові властивості брусниці зумовлені наявністю у них цукрів, органічних кислот: лимонної, яблучної, пектинові й дубильні речовини, глікозиди арбутин і вакцинін, провітамін А, вітамін С, природний консервант бензойної кислоти.

Ожина має протизапальні, бактерицидні, заспокійливі, кровоочисні загально зміцнювальні властивості. Рекомендують вживати при порушеннях нервової системи, склерозі, недокрів'ї, застуді.

В плодах чорниці міститься багато дубильних речовин, рутину. Вживання ягід чорниці покращує кровообіг у сітчатці ока, загострює нічний зір. Сік і ягоди чорниці мають бактерицидні властивості, кислоти ягід поліпшують процеси травлення і запобігають відкладанню в порожнині суглобів солей щавлевої кислоти. Подрібнення ягід в пюре відбувається до розміру часток $(0,4...0,8) \cdot 10^{-3}$ м. Пюре є дрібнодисперсною масою, яка у своєму складі містить



підвищену кількість структурних полісахаридів: целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин.



Ожина (Eubatus)	Чорниця (Vaccinium myrtillus L.) – черниця, борівка, у Карпатах – афина, яфина.	Брусниця звичайна (Rhodococcum vitis-idaea L.). Народна назва – брусниця, кам'янка, борівка, бруслина.
-----------------	---	--

Обов'язковим компонентом десертної продукції є цукор, який здатен впливати на міцність гелів. Установлено, що цукор в інтервалі концентрацій 2,5-15,0% підвищує міцність гелів капа-карагінану. Видно, що залежність міцності гелів капа-карагінану від концентрації цукру має лінійний характер. Паралельність залежностей 1-4 (рис.1) свідчить про однаковий і постійний механізм впливу цукру на технологічну систему, що досліджується. Так, введення цукру в концентрації до 15% сприяє збільшенню міцності гелів капа-карагінану в 1,37; 1,26; 1,06; 1,07 рази за концентрацій капа-карагінану 0,4, 0,6, 0,8, 1,0% відповідно.

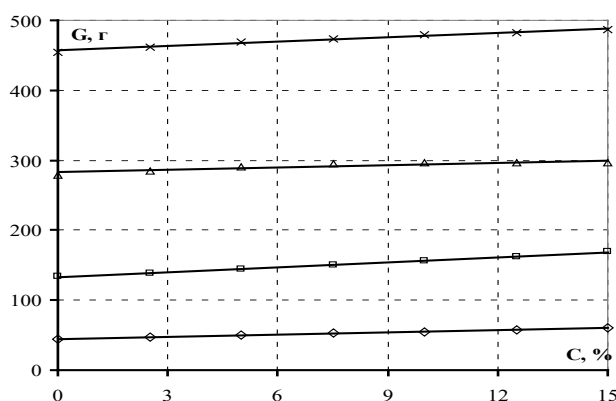
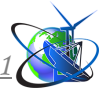


Рис. 2. Залежність міцності гелів капа-карагінану від вмісту цукру за концентрацій капа-карагінану: 1, 2, 3, 4 – 0,4; 0,6; 0,8; 1,0% відповідно

Більш суттєвий вплив цукру спостерігається за низьких концентрацій капа-карагінану, імовірно, це пов'язано з дегідратуючою дією цукру, що й сприяє підвищенню міцності гелів. Зі збільшенням концентрації капа-карагінану, який також асоціює навколо себе значну кількість води, зменшується вплив дегідратуючої дії цукру та відповідно темпи підвищення міцності гелів. [3].



Установлення закономірностей структуроутворення є незавершеним без впливу цього чинника на водовідділяючу здатність (ВВЗ). З метою регулювання процесів синерезису гелів капа-карагінану було визначено водовідділяючу здатність (ВВЗ) гелів від концентрації капа-карагінану та гідроколоїдів, таких як камедь рожкового дерева.

Доведено, що зі збільшенням концентрації капа-карагінану зменшується ВВЗ. Так, ВВЗ 0,3% гелю капа-карагінану складає $47,0 \pm 1\%$, зі збільшенням концентрації до 1,0% ВВЗ зменшується до $7,4 \pm 0,3\%$, тобто в 6,4 разу (рис. 2). Це, імовірно, пов'язано з тим, що зі збільшенням концентрації капа-карагінану в системі, частина його не бере участі в утворенні спіралей та відповідно сітки гелю, а знаходиться у вільному стані, що зменшує кількість виділеної вологи.

Збільшення концентрації капа-карагінану з метою зменшення синерезису є нераціональним та призводить до зменшення варіабельності системи, зокрема в регулюванні текстурних властивостей готової продукції.

Таким чином, для регулювання текстурних властивостей та ВВЗ перспективним є використання у складі капа-карагінанових гелів гідроколоїдів. Визначено ВВЗ гелів капа-карагінану за введення 0,1...1,0% КРД. Установлено, що за вмісту капа-карагінану 0,4, 0,6 та 0,8% відсутність синерезису досягається введенням 0,6, 0,6 та 0,5% КРД відповідно.

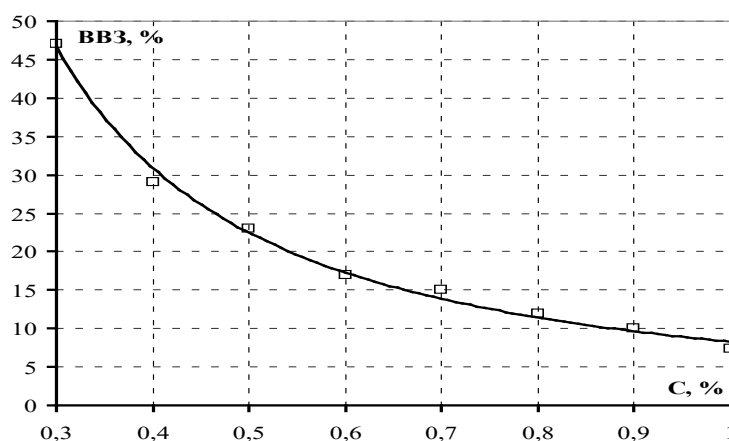


Рис. 3. Залежність ВВЗ гелів від концентрації капа-карагінану

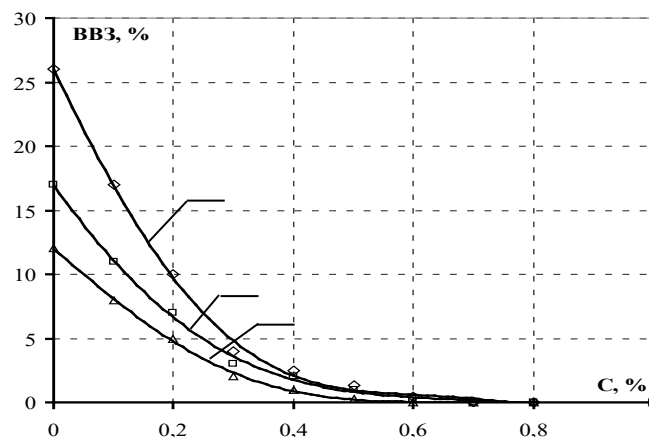
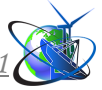


Рис. 4. Залежність ВВЗ гелів капа-карагінану від вмісту КРД за концентрацій капа-карагінану: 1, 2, 3 – 0,4; 0,6; 0,8% відповідно



Висновки.

На основі проведених досліджень встановлено, що введення галактомананів у системи на основі капа-карагінану підвищує температуру плавлення гелів, яка корелює їх з міцністю. Підтверджено, що галактоманани проявляють синергізм із капа-карагінаном, що дозволяє регулювати не тільки міцність гелів, але й синерезис. Визначено, що найбільш раціональним є використання камеді ріжкового дерева (КРД). Визначено, раціональне співвідношення КРД: капа-карагінан, що складає 0,4...0,45:0,6...0,55, за якого досягається максимальна міцність гелів. Встановлено доцільність використання пюреподібного ягідного напівфабрикату з дикорослих ягід у виробництві солодких страв. Доведено, що за рахунок його додавання зникає необхідність у використанні синтетичних ароматизаторів; позитивно впливає на структурно-механічні показники готових страв.

Література:

1. Просеков А. Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой: монография / А. Ю. Просеков. – Кемерово, 2001. – 172 с.
2. Сабадош Г. О. Визначення основних фізико-хімічних показників якості молочних десертів з пінною структурою / Г. О. Сабадош // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х. : ХДУХТ, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 97–103.
3. Сабадош Г.О. Технологія десертів молочних з використанням карагінанів [Текст] : дис.канд. техн. наук / Сабадош Ганна Олександрівна. – Х., 2010. – 154 с.
4. Steigman A. A. Dietary Fiber is fundamentally functional / A. A. Steigman // Cereal foods world. – 2003. – Vol. 48, 3. – P. 128–132.
5. Просеков А. Ю. Использование особенностей пенообразующих свойств молочного сырья в производстве продуктов с полидисперсной структурой / А. Ю. Просеков, И. И. Романцов // Молочная промышленность Сибири: материалы второго специализированного конгресса. – Барнаул, 2000. – С.54–56.
6. Новиков Р. С. Исследование и разработка технологии взбивных продуктов на основе цельного молока с использованием растительного сырья: дисс.канд. техн. наук / Новиков Р. С. – Кемерово, 2002. – 140 с.
7. Кирьянова А. А. Использование гидроколлоидов в молочном производстве / А.А. Кирьянова, И. Л. Корецкая // Молочное дело. – 2006. – № 2. – С. 44–45.
8. Neiser S. Gel formation in heat-treated bovine serum albumin-κ-carrageenan system / S. Neiser, K. I. Draget, O. Smidsrod // Food Hydrocolloids. – 2000. – Vol. 14, № 2. – P. 95–110.
9. ДСТУ 3946-2000. Продукція харчова. Основні положення. – Київ : Держспоживстандарт України 2000. – 6 с.

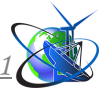


The paper describes and analyzes the technologies of dessert products with a jelly-like structure, discusses the theoretical background for using a structurant in the technology of dessert products with a jelly-like structure, in particular, kappa-carrageenan. The technology of berry semi-finished product from wild berries of the Transcarpathian region was modeled for use in the composition of dessert products, the concentration of sugar is scientifically grounded to increase the strength of model gels.

Keywords: Berry prefabricated, structurant, carrageenan, wild berries, desserts, specific texture, prescription ingredients.

Статья отправлена: листопад 2020 г.

© Сабадош Г.О.



УДК 664.14

**USE OF POLYDEXTROSE IN TECHNOLOGY OF FONDANT SWEETS
ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІДЕКСТРОЗИ В ТЕХНОЛОГІЇ ПОМАДНИХ ЦУКЕРОК****Onofriichuk O.S. / Онофрійчук О.С.***postgraduate/aspirant*

ORCID ID: 0000-0002-9492-6650

Kokhan O.O. / Кохан О.О.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID ID: 0000-0003-4582-0814

Kambulova Yu.V. / Камбулова Ю.В.*d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID ID: 0000-0001-7897-8533

Hrytsaiova A.O. / Грицайова А.О.*Національний університет харчових технологій, м. Київ, вул. Володимирська, 68, 01033**National University of Food Technologies, Kyiv, 68 Volodymyrska St., 01033*

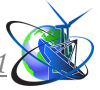
Анотація. У статті відображені результати досліджень, що присвячені розробці неглазурованих помадних цукерок, які були виготовлені з частковою заміною традиційного цукру інноваційним наповнювачем полідекстозою, з метою зниження калорійності та глікемічності виробів. Досліджено вплив внесення полідекстрози на параметри процесу помадоутворення та формування виробів. Встановлено раціональне дозування полідекстрози в рецептуру помадних цукерок. Визначена технологічна необхідність введення в рецептуру цукерок з полідекстозою вологоутримуючого агента карбоксиметилцелюлози. Удосконалення технології неглазурованих помадних цукерок дозволить розширити асортимент цієї групи кондитерських виробів і стати альтернативою висококалорійним традиційним цукеркам.

Ключові слова: помада, сахароза, полідекстроза, карбоксиметилцелюлоза, кристалізація, структурно-механічні властивості, структуроутворення, калорійність, показник глікемічності.

Вступ. Зайва вага або ожиріння через надмірне вживання нездорової їжі та поширення малорухливого способу життя стають зростаючою проблемою здоров'я людей у всьому світі. Населення все більше й більше занепокоюється наслідками вживання висококалорійних продуктів, такими як поява діабету 2-го типу та поширення серцево-судинних захворювань. Тому споживачі шукають змін у своєму раціоні та способі життя, щоб уникнути виникнення зайвої ваги. Саме це і є рушійною силою до зростання попиту на здорові харчові продукти. У цьому контексті скорочення споживання цукру серед населення світу є критичним фактором боротьби з ожирінням [1]. У зв'язку з цим директиви ВООЗ зазначають, що цукор не повинен становити більше ніж 10% добової калорійності раціону сучасної людини.

Оптимальним способом зменшення споживання цукру споживачами є вдосконалення технологій харчових продуктів зі зниженим цукровмістом. Цього можна досягти двома способами: частково або повністю замінити цукор в рецептурі або зменшити кількість цукру в продукті. Як правило, заміщення цукру вимагає використання як альтернативних цукрозамінників, так і використання різноманітних наповнювачів в поєднанні з підсолоджувачами [2].

Серед широкого асортименту кондитерських виробів великою



популярністю користуються помадні цукерки. У зв'язку з тим, що основним їх компонентом є сахароза, яка є джерелом «пустих калорій», серед споживачів зростає зацікавленість до кондитерських виробів категорії «light» або «sugar free». Однак зниження вмісту цукру білого кристалічного у помадних цукерках є складним завданням, оскільки цукор не тільки забезпечує бажаний солодкий смак виробу, але й виконує головну роль в утворенні дрібнокристалічної структури, що властива якісній помадній масі.

Для зменшення цукровмісту різних груп харчових продуктів останнім часом великої популярності набув харчовий наповнювач полідекстроза. Полідекстроза представляє собою полісахарид, що складається із залишків глюкози, які зв'язані між собою всіма видами глікозидних зв'язків з перевагою 1,6 зв'язків. Така будова визначає високу ступінь розгалудження молекули полідекстрази, тому її часто використовують для стабілізації консистенції низькокалорійних харчових продуктів [3]. Враховуюче те, що основним процесом в технології помадних цукерок є кристалізація дрібних кристалів цукру за відповідних умов, то виготовлення помадних цукерок традиційної консистенції із повною заміною сахарози на полідекстрозу неможлива. Тому виникає інтерес в удосконаленні технології помадних цукерок зі зниженим вмістом цукру за рахунок його часткової заміни полідекстрозою. Полідекстроза - це високомолекулярний полімер глюкози, калорійність якого становить лише 1 ккал/г. Цей полімер, подібно до інших олігосахаридів, при споживанні не викликає карієсу, практично не призводить до збільшення рівня глюкози в крові, її глікемічний індекс становить лише 8%, також вона проявляє пребіотичні властивості. JECFA і Європейський науковий комітет Комісії з питань харчування (EC/SCF) встановили допустиму норму споживання полідекстрази в кількості 90 г / добу або 50 г як разова доза споживання [4].

За рахунок того, що полідекстроза має низьку калорійність, ефективно попереджає гіпертонію, діабет, знижує рівень холестерину в крові, виводить з організму людини токсини на сьогодні вона успішно використовується в широкому спектрі продуктів, серед яких хлібобулочні вироби, напої, кондитерські вироби (шоколад, мармелад, карамель) та заморожені десерти. На вітчизняному ринку представлені такі імпортовані харчові продукти з полідекстрозою: високобілкове печиво «PRIMEBAR», протеїнові вафлі та шоколадні батончики «Atkins», протеїнові батончики «Protein Cake Bites». З метою розширення асортименту низькокалорійних кондитерських виробів доцільно провести серію досліджень з використанням цього харчового волокна у технології помадних цукерок.

Метою досліджень було встановлення максимально можливої кількості цукру, що може бути замінена полідекстрозою в рецептурі помадних цукерок без погіршення якості виробів.

Матеріали і методи. Визначення фізико-хімічних показників сировини, напівфабрикатів та готової продукції проводили загальноприйнятими в кондитерському виробництві методами [5]. Виготовлення зразків цукерок здійснювалося шляхом приготування помадного сиропу, його охолодження з одночасним інтенсивним перемішуванням, темперування помадної маси та



формування виробів в силіконові форми. Визначення структурно-механічних властивостей корпусів цукерок проводили на Структурометрі СТ-1 [5]

Основна частина досліджень. Враховуючи те, що полідекстро́за не здатна самостійно утворити кристалічну структуру, нами було проведено серію досліджень для з'ясування впливу різної кількості внесеної полідекстро́зи, що вносилися на заміну цукру в рецептурі виробів, на процес кристалізації сахарози при виробництві помадних цукерок. В рецептурі цукерок змінювали частину цукру білого кристалічного на полідекстро́зу в кількості від 5 до 30 % до рецептурної кількості цукру з перерахунком по сухим речовинам. Оскільки полідекстро́за має гарну розчинність (80 % при 20°C) запропоновано її вносили на стадії приготування рецептурної суміші, попередньо змішаною із сахарозою. Результати досліджень наведені у табл 1.

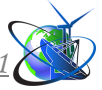
Таблиця 1

Вплив полідекстро́зи на якість помадної маси

Дозування полідекстро́зи, %	Температура уварювання, °C	Тривалість структуроутворення, хв	Характеристика помадної маси
5	117	9	дрібнокристалічна
10	117	8	дрібнокристалічна
15	120	7	дрібнокристалічна
20	120	7	дрібнокристалічна, відчувається менша солодкість виробу
25	120	5	дрібнокристалічна, відчувається менша солодкість виробу
30	120	10	напіваморфна

Згідно даних представлених у таблиці 1 максимальна кількість заміни сахарози на полідекстро́зу без погіршення консистенції помадних цукерок становить 25 % до рецептурної маси цукру. При дозуванні полідекстро́зи в кількості більше 15 % була відмічена необхідність корегування режиму уварювання помадного сиропу, так як зі збільшенням частки високорозчинної полідекстро́зи для отримання перенасиченого розчину сахарози необхідно збільшувати температуру уварювання помадного сиропу. Відсутність кристалізації помадної маси при внесенні полідекстро́зи в кількості більше 25 % можна пояснити тим, що при зменшенні кількості цукру в системі ускладнюється процес помадоутворення, самочинної кристалізації не відбувається і вироби не мають притаманної класичній помаді дрібнокристалічної структури, що в подальшому унеможливорює структуроутворення такої помадної маси в формах і отримання якісних помадних корпусів.

З метою збільшення кількості полідекстро́зи (ПД) в рецептурі помадних цукерок нами було запропоновано додатково вносити в рецептуру виробів структуроутворювач карбоксиметилцелюлозу (КМЦ), що виступає в якості



вологозв'язувального агента і слугує для регулювання ступеня насичення помадного сиропу та збільшення його в'язкості. Враховуючи досвід використання КМЦ у технології цукерок [6], було здійснено її дозування у кількості 0,05 % до сумарної маси сахарози та полідекстрази. Шляхом серії експериментів встановлено, що КМЦ доцільно вносити в гідратованому вигляді на стадії темперування. Експериментально був підібраний раціональний гідромодуль для гідратації карбоксиметилцелюлози, що дорівнює 30. Даний технологічний захід дозволив збільшити максимальне дозування полідекстрази до 30 % на заміну цукру білого кристалічного без погіршення структури помадних цукерок.

Окрім карбоксиметилцелюлози до складу помадної цукеркової маси на стадії темперування запропоновано вносити какао-порошок, який пришвидшує процес структуроутворення помадних цукерок, подовжує термін зберігання виробів та надає їм приємного смаку, запаху та кольору за рахунок чого не має необхідності додаткового внесення барвників та ароматизаторів. Раціональне дозування цього рецептурного інгредієнту було встановлено на основі дегустаційної оцінки виробів та з врахуванням його впливу на стадію структуроутворення виробів, воно становить 6,0 % до загальної маси внесених сахарози та полідекстрази.

Відомо [7], що внесення до складу помадної маси жирового компоненту частково сприяє уповільненню процесу «черствіння» цукерок. Запропоновано в якості жирового компонента вводити вершкове масло з високим відсотком молочного жиру в кількості 8 % до маси цукрової помади, що в свою чергу надає виробам приємного молочного смаку та сприяє покращенню процесу формування виробів способом відливання за рахунок зменшення в'язкості маси.

В наших дослідження зразки помадних цукерок формувалися в силіконові форми і протягом операції вистоювання цукерок в формах досліджувалася зміна їх пластичної міцності, що наведена на рис. 1.

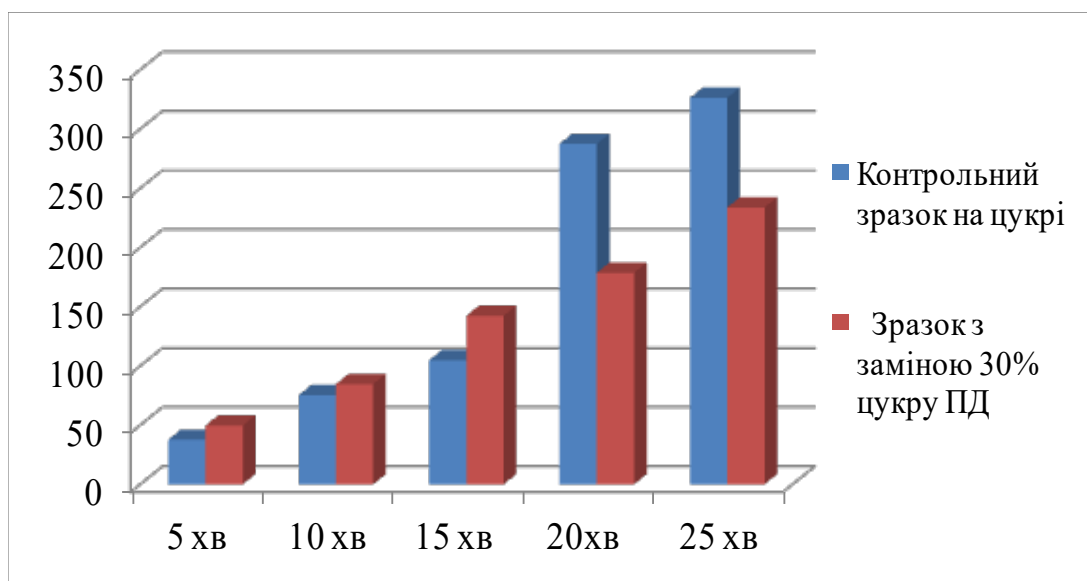


Рис.1. Зміна пластичної міцності зразків помадних цукерок під час вистоювання корпусів в силіконових формах



На початковому етапі вистоювання тривалістю до 15 хв корпуси цукерок з частковою заміною цукру полідекстрозою мали дещо більшу пластичну міцність, ніж зразки, що виготовлені на класичній цукровій помаді. А вже після 20 і 25 хв вистоювання значення пластичної міцності в контрольному зразку були на 38 % та 28 %, відповідно, більше ніж в зразку з полідекстрозою. На нашу думку, ще пов'язано з тим, що на початковому етапі формування в'язкості цукеркової маси у зразках з полідекстрозою та КМЦ була незначно вищою і структуроутворення під час їх охолодження відбувалося більш інтенсивно, ніж в контрольному зразку. Під час подальшого вистоювання в контрольному зразку відбувається встановлення рівноваги між твердою та рідкою фазами помади в бік збільшення твердої, що представлена дрібними кристалами сахарози. В зразку з полідекстрозою та КМЦ під час охолодження корпусів відбувається значне збільшення в'язкості рідкої фази помади і відбувається фіксація утворених кристалів сахарози нею, що унеможливорює викристалізацію нових кристалів і збільшення частки твердої фази. Після остаточного вистоювання всі досліджувані зразки добре структурувалися, виймалися з форм і зберігали свою початкову форму протягом всього терміну зберігання, але зразки з полідекстрозою володіли приємною м'якою консистенцією, а контрольний зразок був більш твердішим.

Досліджувані зразки отриманих цукерок були проаналізовані на відповідність їх якості вимогам нормативної документації [8]. В таблицях 2 та 3 наведені органолептичні та фізико-хімічні показники помадних цукерок.

Таблиця 2

Органолептичні показники помадних цукерок

Зразок	Характеристика			
	Смак	Запах	Зовнішній вигляд	Форма
Вимоги згідно ДСТУ 4135:2014 «Цукерки»	Характерні конкретній назві цукерок, без стороннього присмаку та запаху		Цукерки неглазуровані повинні мати суху, не липку поверхню	Різноманіт на
Контрольний зразок	Солодкий, без стороннього присмаку та запаху		Суха, не липка поверхня	Круга, сферична
Зразок з заміною 30 % цукру полідекстрозою	Менш солодкий, шоколадний, молочний, без стороннього присмаку та запаху		Суха, не липка поверхня	Круга, сферична

За органолептичними та фізико-хімічними показниками досліджувані зразки помадних цукерок повністю відповідають вимогам діючого стандарту. Але слід відмітити, в зразку з полідекстрозою масова частка редукуючих речовин в два рази більше ніж в контрольному зразку. Наявність редукуючих речовин в помадних цукерках, в основному, обумовлений внесенням в їх



рецептуру такого інгредієнту як патока. В зразку з полідекстрозою збільшений вміст редукуючих речовин, на нашу думку, пов'язаний з способом отримання полідекстрози шляхом кислотно-каталізуючої полімеризації глюкози та сорбітолу, при якому цей наповнювач може містити незначну частину функціональних груп глюкози, що вступають в реакцію відновлення [9]. Збільшена кількість редукуючих речовин не погіршує якість виробів, але потребує досліджень поведінки цукерок під час зберігання.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники помадних цукерок

Зразки цукерок	Масова частка	
	вологи, %	редуючих речовин, %
Вимоги до помадних цукерок згідно ДСТУ 4135-2014 «Цукерки»	не більше 16,0	Не більше 14
Контрольний зразок	9,5±0,5	6±0,5
Зразок з заміною 30 % цукру полідекстрозою	9,0±0,5	12,5±0,5

Висновок. Таким чином, було встановлено можливість зниження кількості цукру в рецептурі помадних цукерок за рахунок його заміни на низькалорійний наповнювач полідекстрозу в кількості 30 %. На основі проведених досліджень була розроблена та затверджена рецептура та технологічна інструкція на неглазуровані помадні цукерки «Ноктюрн». Розроблені цукерки мали калорійність на 16 % меншу за контрольний зразок, а показник глікемічності розроблених цукерок становить 39 од., що на 40 % менше цього показника в контрольному зразку. Наукова новизна отриманих результатів була захищена патентом України на корисну модель.

Література:

2. Torrico Damir D., Tam Jennifer, Fuentes Sigfredo, Gonzalez Viejo Claudia, Dunshea Frank R. D-Tagatose as a Sucrose Substitute and Its Effect on the Physico-Chemical Properties and Acceptability of Strawberry-Flavored Yogurt. *Foods*.2019. № 8. P.1-18. DOI:10.3390/foods8070256
3. Di Monaco Rossella, Miele Nicoletta Antonella, K Cabisida Erliza, Cavella Silvana. Strategies to reduce sugars in food. *Current Opinion in Food Science*. 2018. № 19. P. 92-97. DOI.org/10.1016/j.cofs.2018.03.008
4. O'Donnell K., Kearsley M., *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*- 2nd ed.UK.: Blackwell Publishing Ltd.2012. p.490.
5. Aidoo R. P., Depypere F., Afoakwa O., Dewettinck K. Industrial manufacture of sugar-free chocolates. Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science & Technology*. 2013. № 32. P. 84-95
6. Дорохович, А. М., Ковбаса В. М. *Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: лабораторний практикум*. Київ: Інкос, 2015. 632 с.



7. Фіщук А.В., Польских М.А., Кохан О.О. Застосування гідроколоїдів в технології молочних цукерок аморфної структури. Матеріали 85 Ювілейної міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті”, 11–12 квітня 2019 р. К.: НУХТ, 2019 р. Ч.1. С. 207

8. Пат.№ 06039 Україна, МПК (2017.01) A23G 3/00 Цукерки кристалічної структури з низьким показником глікемічності. О. О. Кохан, Ю. П. Свириденко; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. № u2017 06039; заявл 06.06.2017; опубл. 10.11.2017. 4 с.

9. Цукерки. Загальні технічні умови: ДСТУ 4135-2014. [Чинний від 2015 – 01 – 01]. К.: Держстандарт України, 2015. 24 с. (Національний стандарт України)

10. Pat. № 313,940 United States, Int. Cl A23L 1/00; REDUCED POLYDEXTROSE. G. Wayne Borden; Raymond C. Glowaky; Russell J. Hausman; Constantine Sklavounos; Harry O. Tobiassen; Assignee: Cultor Food Science, Cultor, Ltd. № USOO56O1863A4; Filed: Sep. 28, 1994; Date of Patent: Feb. 11, 1997. - 9p.

References:

1. Torrico Damir D., Tam Jennifer, Fuentes Sigfredo, Gonzalez Viejo Claudia, Dunshea Frank R. D-Tagatose as a Sucrose Substitute and Its Effect on the Physico-Chemical Properties and Acceptability of Strawberry-Flavored Yogurt. *Foods*.no 8. P.1-18. DOI:10.3390/foods8070256

2. Di Monaco Rossella, Miele Nicoletta Antonella, K Cabisida Erliza, Cavella Silvana. Strategies to reduce sugars in food. *Current Opinion in Food Science*. no 19. P. 92-97. DOI.org/10.1016/j.cofs.2018.03.008

3. O'Donnell K., Kearsley M., *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*- 2nd ed.UK.: Blackwell Publishing Ltd. p.490.

4. Aidoo R. P., Depypere F., Afoakwa O., Dewettinck K. Industrial manufacture of sugar-free chocolates. Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science & Technology*. no 32. P. 84-95.

5. Dorokhovych A. M., Kovbasa V. M.2015 Tekhnolohiia ta laboratornyi praktykum kondyterskykh vyrobiv I kharchovykh kontsentrativ: laboratornyi praktykum[Technology and laboratory workshop of confectionery and food concentrates: laboratory workshop.] Kyiv:Inkos

6. Fishchuk A.V., Polskykh M.A., Kokhan O.O. Zastosuvannia hidrokoloïdiv v tekhnolohii molochnykh tsukerok amorfnoi struktury [The use of hydrocolloids in the technology of milk candies of amorphous structure]. In: National University of Food Technology, *Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the XXI century*, Proceedings of the 85th Jubilee International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students, Kyiv, April 11-12 2019. Kyiv pp.207

7. Kokhan O. O., Svyrydenko Yu. P., Pat.№ 06039 Ukraina, MPK (2017.01) A23G 3/00 Tsukerky krystalichnoi struktury z nyzkym pokaznykom hlikemichnosti.[Sweets crystalline structure with low glycemic index.]; Applicant and patent holder National University of Food Technology. № u2017 06039; stated. 06.06.2017; Bjul. 10.11.2017. 4 p.

8. 20. DSTU 4135:2014 Tsukerky. Zahalni tekhnichni umovy.[Sweets. General specifications.] Minekonomrozvytku Ukrainy.[Ministry of Economic Development of Ukraine] Kyiv,2015. 27p.

9. G. Wayne Borden; Raymond C. Glowaky; Russell J. Hausman; Constantine Sklavounos; Harry O. Tobiassen;Pat. № 313,940 United States, Int. Cl A23L 1/00; REDUCED POLYDEXTROSE. Assignee: Cultor Food Science, Cultor, Ltd. № USOO56O1863A4; Filed: Sep. 28, 1994; Date of Patent: Feb. 11, 1997. - 9p.



Abstract The article presents the results of research on the development of unglazed fondant sweets, which were made with a partial replacement of traditional sugar with an innovative filler polydextrose, which has low caloric content and glycemicity. The influence of polydextrose application on the parameters of the process of fondant formation and product formation has been studied. A rational dosage of polydextrose in the recipe of fondant sweets has been established. The technological necessity of introducing carboxymethylcellulose moisture-retaining agent with polydextrose into the recipe is determined. Improving the technology of unglazed fondant sweets will expand the range of this group of confectionery and become an alternative to high-calorie traditional sweets.

Key words: fondant, sucrose, polydextrose, carboxymethylcellulose, crystallization, structural and mechanical properties, structure formation, caloric content, glycemic index.

Стаття відправлена: 26.12.2020 р.

© Онофрійчук О.С., Кохан О.О., Камбулова Ю.В., Грицайова А.О.



УДК 633.88:582.998.16:631.559:631.5(477.4)

EVALUATION OF THE INNOVATIVE ASPECT OF AGROTECHNOLOGIES ON YIELD AND QUALITY OF RAW MATERIALS (*MATRICARIA CHAMOMILLA* L.) ACCORDING TO THE STATE PHARMACOPOEY

ОЦІНКА ІННОВАЦІЙНОГО АСПЕКТУ АГРОТЕХНОЛОГІЙ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ (*MATRICARIA CHAMOMILLA* L.) ЗГІДНО ДЕРЖАВНОЇ ФАРМАКОПЕЇ

Padalko T. O./Падалко Т.О.

postgraduate / аспірант

State Agrarian and Engineering University in Podilia,
Kamianets-Podilskyi, Shevchenko, str. 13, 32301
Подільський державний аграрно-технічний університет,
м. Кам'янець-Подільський, вул. Шевченка, 13, 32301

Анотація. Розроблено та визначено оцінку аспектів досліджень елементів технології вирощування ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* L.) в зоні Правобережного Лісостепу України та встановлено вплив генетичних особливостей сорту, строків сівби та норм висіву насіння на урожайність та вміст в рослинній сировині біологічно активних речовин. Еспериментальні дослідження зі зразками ромашки лікарської проводили впродовж 2017-2020 років на дослідному полі ФОП Прудивус, філії кафедри рослинництва і кормовиробництва Подільського державного аграрно-технічного університету за загальноприйнятою методикою дослідної справи В.О. Єщенко, А. О. Рожкова [4,2]. Нами встановлено максимальний показник урожайності 2,10 т/га за осіннього строку сівби з нормою висіву насіння 6 кг/га сорту Перлина Лісостепу та найвищий за роки досліджень показник вмісту ефірної олії 7,88 мл/кг синього кольору в перерахунку на суху сировину, без засобів хімізації та стандартизації органічної продукції.

Ключові слова: ромашка лікарська, сорт, норма висіву, строк сівби, урожайність, якість сировини.

Вступ.

Напрямок вирощування та переробки лікарських трав є ще не дуже поширеним в Україні, але у світовій практиці теми здорового життя, застосування природних компонентів в медицині, парфумерії, косметичі, харчовій промисловості є актуальними. Перелік культур залежить винятково від кон'юнктури ринку. Лікарські трави в Україні вирощують 10 компаній, які спеціалізуються на вирощуванні та заготівлі високоякісної сировини [5].

Останніми роками швидкими темпами зростає кількість операторів, що беруть участь у процесі товароруху лікарської рослинної сировини, збільшується кількість споживачів, які використовують фітотерапію для профілактики і лікування захворювань. Прогноз розвитку виробництва лікарської рослинної сировини має бути розроблений за варіантами на основі визначених сценаріїв з різними темпами зростання обсягів культивування та збирання лікарських рослин, напрямками їх розвитку, обсягів залучених ресурсів, структурою та розміщенням продукції виробництва [6].

Ромашка лікарська – одна з найдавніших, найбільш широко використовуваних та добре зареєстрованих лікарських рослин у світі, її



рекомендують застосовувати для різних цілющих властивостей [7].

Ця рослина вважалася англосаксами як одна з дев'яти священних трав, які давали людині. Препарат ромашки лікарської входить в фармакопеї 26 країн світу, він є компонентом декількох традиційних і гомеопатичних лікарських препаратів [9].

З лікувальною метою застосовують суцільні квіткові кошики без стебел. Квіткові кошики ромашки містять до 0,85% ефірної олії. В склад цієї олії входять понад 40 компонентів, в тому числі хамазулен ($C_{14}H_{16}$), бісаболол і його окис та ін. [3].

Сировина ромашки лікарської входить до складу препаратів: «Ромазулан», «Рекутан», «КамідентЗдоров'я», «Антисептол Н», «Дентинокс гель Н» (протизапальна і ранозагоювальна дія); комплексних препаратів «Ротокан», «Фітон СД», «Алором», «Гастроліт», «Камістад», «Камілофан», «Камагель», «Камілозан», «Шавлія Др. Тайсс», «Інгаліпт-Здоров'я форте з ромашкою» (протимікробна дія), «Гастрофіт», «Бронхофіт», «Детоксифіт», «Нефрофіт», «Елекафіт-Віола», «Фітобронхол», «Салват», «Фітогастрол», протигемороїдального, заспокійливого, лікувально-профілактичних зборів № 1, 3 та 4 [1].

Отримання повноцінних сходів досліджуваної нами культури ромашки лікарської – це запорука продуктивності та високої урожайності будь-якої культури.

Своїми дослідженнями Тоцька С. А., Григор'їва Н. О., Губанов О. Г., Семак Б. Б., Мірзоєва Т. В., Кащенко Н.І., Оленіков Д.Н., Фокіна С.М., Воскресенский Р.Р., та інші доводять, що ромашка лікарська традиційно культивована лікарська рослина з високим адаптивним потенціалом, яка дає високі та стабільні врожаї сировини з підвищеним вмістом в ній біологічно-активних речовин.

Основна частина.

Досліджувалися 3 фактори – строки сівби: весняний, літній, осінній; норми висіву насіння: 4 кг/га, 6 кг/га і 8 кг/га; сорти: Перлина Лісостепу і Bodegold.

Фенологічні спостереження проводили в основні фази росту і розвитку рослин згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [4]. Математичний аналіз показників проводили з використанням сучасних пакетів прикладних програм типу Excel, Statistica – 6.0. [2].

Зокрема, в Україні чинна Державна Фармакопея, яка гармонізована з Європейською Фармакопеею, до неї входять загальні статті, загальні монографії, монографії на дозовані форми, монографії на лікарську рослину сировину (ЛРС) та лікарські рослинні препарати (ЛРП) із контролем якості відповідно до вимог ЄС [4, 2, 8].

Урожайність насіння ромашки лікарської як основний показник розмноження культури, значно варіював по роках проведених досліджень (табл. 1.).



Таблиця 1

Урожайність суцвіть ромашки лікарської залежно від сорту, строку сівби та норми висіву насіння, т/га (2017-2020 рр.)

Сорт (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор С)	Роки досліджень				Середнє за роки дослід- жень
			2017	2018	2019	2020	
Перлина Лісостепу (К)*	весняний (К)*	4(К)*	0,56	1,26	1,62	0,91	1,08
		6	0,79	1,71	1,98	1,31	1,44
		8	0,68	1,68	1,92	1,21	1,36
	літній	4	0,41	1,01	1,30	0,69	0,85
		6	0,63	1,44	1,65	1,04	1,19
		8	0,60	1,15	1,62	0,98	1,08
	осінній	4	0,82	1,63	1,82	1,22	1,37
		6	1,11	1,98	2,10	1,81	1,75
		8	0,84	1,75	1,95	1,49	1,50
Bodegold	весняний	4	0,51	1,16	1,51	0,83	1,0
		6	0,75	1,65	1,85	1,22	1,36
		8	0,64	1,62	1,73	1,17	1,29
	літній	4	0,36	0,91	1,20	0,65	0,78
		6	0,63	1,35	1,59	1,0	1,13
		8	0,54	1,12	1,50	0,95	1,02
	осінній	4	0,78	1,47	1,68	1,13	1,26
		6	1,06	1,90	1,98	1,65	1,64
		8	0,80	1,68	1,88	1,39	1,43
НІР ₀₅ : А – 0,15; В – 0,18; С – 0,18							

*(К)–Контроль до фактору: сорт Перлина Лісостепу, строк весняний, норма 4 кг/га.

За урожайністю сорти ромашки лікарської виявились різними, урожайність сорту Перлина Лісостепу в середньому за роки проведених досліджень коливалась в межах 0,85–1,75 т/га, а сорту Bodegold – 0,78–1,64 т/га. На контролі показник урожайності досліджуваної культури за роки досліджень в середньому становив 1,08 т/га.

Дисперсійний аналіз показав, що у розрізі факторів, більш впливовим – на 61,2 % виявився фактор В (строк сівби), фактор С (норма висіву) впливав на 34,9 %, фактор А (сорт) виявився менш впливовим – 2,4 %, тому що досліджувані сорти ромашки лікарської належать до однієї селекційної групи виведених тетраплоїдних сортів, а частка впливу інших не досліджуваних факторів становила 1,5 % (рис. 1.).

Найвищим за роки досліджень, показником вмісту ефірної олії 7,88 мл/кг синього кольору в перерахунку на суху сировину є сорт Перлина Лісостепу за осіннього строку сівби з нормою висіву насіння 6 кг/га, а найменшим середнім показником став сорт Bodegold за літнього строку сівби з нормою висіву насіння 8 кг/га – 4,02 мл/кг. Вміст суми флаваноїдів в перерахунку на рутин в абсолютно сухій сировині коливався в межах середніх показників 1,23–2,37 %.

У розчині ефірної олії квіток ромашки лікарської сортів Перлина



Лісостепу та Bodegold ідентифіковано наявність α -бісабололу, енінедициклоєфіру, борнеолу, борнілацетату, хамазулену і гвайазулену та виявлено також інші неіндефіковані плями.

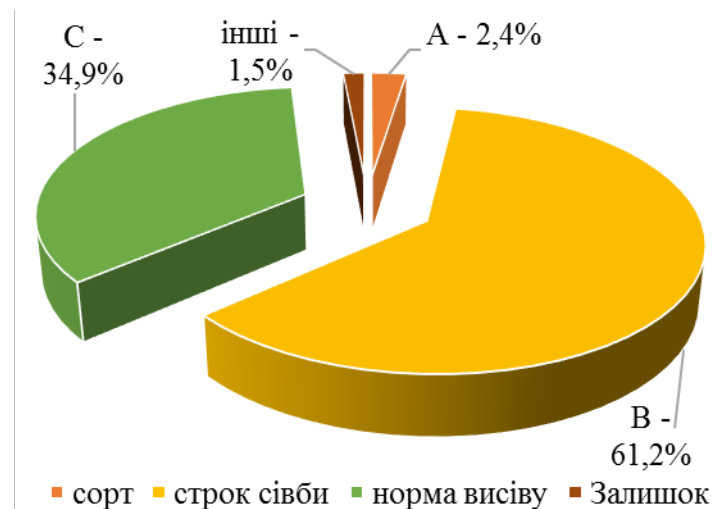


Рис. 1. Частка впливу дії факторів на урожайність ромашки лікарської (А – сорт, В – строк сівби, С – норма висіву)

Висновки та пропозиції.

Таким чином, серед досліджуваних факторів, кращим виявився сорт Перлина Лісостепу з нормою висіву 6 кг/га за осіннього строку сівби. При цьому відмічені найвищі показники якості сировинної бази, яка за інноваційними аспектами агротехнологій (оптимальні строки сівби, регульовані норми висіву насіння та високопродуктивні сорти) набула високого попиту серед товаровиробників харчової та фармацевтичної промисловості.

Література

1. Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП «Український науковий фармацевтичний центр якості лікарських засобів». 3-е вид. Харків: Державне підприємство «Український науковий фармацевтичний центр якості лікарських засобів», 2018. Т. 1. 1128 с.
2. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. – Х.: Майдан, 2016. – С. 167–169.
3. Кароматов Иномжон Джураевич, Бадритдинова Матлюба Нажмидиновна, Язмурадов Фарход Акмурадович. Ромашка аптечная известное лекарственное растение. Биология и интегративная медицина. 2018. С. 1–23.
4. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / [Єщенко В.О., Копитко П.Г., Оптишко В.П., Костогриз П.В.] ; за ред. В.О. Єщенко. – К.: Дія, 2005. – 288 с.
5. Падалко Т. О. Економічна ефективність вирощування ромашки лікарської залежно від досліджуваних чинників в умовах Правобережного Лісостепу / Падалко Т.О., Бахмат М.І., Вишневська Л.В. // Вісник Уманського національного університету садівництва. Науково-виробничий журнал. – 2019.



– №1. – С. 44–47. – ISSN 2310-046X (Print)

DOI 10.31395/2310-0478-2019-1-44-47

6. Robert J. Bogers, Lyle E. Craker, Dagmar Lange. Medicinal and aromatic plants: agricultural commercial, ecological, legal, pharmacological, and social aspects Wageningen UR frontis series. Springer. 2006. Vol. 17. P. 16–21.

7. <https://floristics.info/ua/metki/skladnotsviti.html/>

8. Стандартні зразки // Державна Фармакопея України: в 3 т. / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». – 2-е вид. – Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. – Т. 1. – С. 967-972

9. Singh O, Khanam Z, Misra N, Srivastava MK. *Chamomile (Matricaria chamomilla L.): An overview. Pharmacogn Rev.* 2011; 5(9):82–95. doi:10.4103/0973-7847.79103

Abstract. *The assessment of aspects of researches of elements of technology of cultivation of a chamomile (Matricaria chamomilla L.) in a zone of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine is developed and defined. Experimental studies with samples of chamomile were conducted during 2017-2020 in the research field of FOP Prudivus, a branch of the Department of Crop and Feed Production of Podolsk State Agrarian Technical University according to the generally accepted method of research V.O. Yeshchenko, AO Rozhkova [4, 2]. We have established a maximum yield of 2.10 t / ha for the autumn sowing period with a sowing rate of 6 kg / ha of Pearl of the Forest-Steppe variety and the highest for years of research essential oil content of 7.88 ml / kg of blue color in terms of dry raw materials, without means of chemicalization and standardization of organic products.*

Key words: *chamomile, variety, seeding rate, sowing period, yield, quality of raw materials.*



UDC 631.526.3:634.713

VARIETAL FEATURES OF BLACKBERRY VARIETIES IN UKRAINE

Volodimir Voitsekhivskiy / Войцехівський В.

Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доц.

ORCID: 0000-0003-3568-0985

Myroslava Petrenko / Петренко М.

stud. / студ.

Yurii Andrusyk / Андрусик Ю.

Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доц.

Maxim Rebezov / Ребезов М.

d. a. s., professor / д. с.-г. н., проф.

V.M. Gorbatov FRCFS of RAS, 109029, RF

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Mikola Orlovskiy / Орловський М.

Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доц.

Zhytomyr National Agroecological University

Oksana Mulyarchuk / Мулярчук О.

Ph.D., associate professor / к. с.-г. н., доц.

State agrarian and engineering university in Podilia

Abstract. Valuable economic indicators of three varieties of blackberries were analyzed. It was determined that all samples have a fairly high performance, but the Loch Tay variety is the best for efficient cultivation.

Key words: fruits, blackberries, indicators, quality.

The current trend of berry consumption is an increasing of demand for blackberries and blueberries. The growing market of blackberries determines the perspectives of growing of this berry in Ukraine. World production of raspberries and blackberries in 2017 amounted to 1.3 million tons. This is 2.3 times more than in 2000. By 2020, the trend of increasing production of these berries will continue, but will not be so intense - according to forecasts, the total volume will be 1.4 million tons. Currently, most of blackberries are produced in North America - 65 thousand tons, of which 35 thousand tons are in the United States. In Europe, this branch of berry growing is less developed. With a larger population, the harvest of blackberries is 47 thousand tons, of which 27.5 thousand tons are grown in Serbia and 13 thousand tons - in Hungary. There are an large plantations in Great Britain, Germany, Romania, Poland and Croatia. Ukraine is also changing its position in the international berry market. In recent years, the export of berries from the countries has increased four times, up to \$ 12.5 million. However, the potential on this path is far from exhausted, as domestic berries sell abroad a total of 8% of the crop [1, 7].

Blackberries contain a large amount of vitamins such as thiamine (B1) - 0.01 mg, riboflavin (B2) - 0.05 mg, ascorbic acid (C) - 15 mg, alpha-tocopherol (E) - 1.2 mg, phylloquinone (K) - 208 mg, folic acid (PP) - 0.4 mg, beta-carotene - 0.1 mg; such micro- and macroelements as iron - 1 mg, potassium - 208 mg, calcium - 30 mg, magnesium - 29 mg, sodium - 21 mg, phosphorus - 32 mg. The nutritional value of berries blackberries per 100 g of product, which is 34 kcal. The amount of protein - 2 g, fat - 1 g, carbohydrates - 4 g, organic acids - 2 g, dietary fiber - 2.9 g, water - 88 g,



ash - 0.7 g. Blackberries have a low glycemic index - 25 units, which in comparing to other products makes it an affordable and useful source of vitamins for diabetics. Consumption of one glass of blackberries can satisfy the daily norm of cellulose [3, 4, 6].

The main goal of this work is a comparative evaluation of common varieties of blackberries.

Conditions and methods of research. The research was conducted in NULES of Ukraine after name professor B.V. Lesik department of storage, processing and standardization of plant products and the after name professor V.L. Simirenko department of horticulture. For this purpose, we used long-term data obtained at the departments [2,5].

Research results and their discussion. Let's consider common varieties such as Loch Tay, Nasoloda and Sadove chudo. The Loch Tay variety was created by crossing the Loch Ness variety with SCRI 82417D. It is suitable for growing both in open ground and in film greenhouses. Loch Tay blackberry variety is characterized by high yields and marketability. The berries have an average weight of 4.5-5.0 g, dense, attractive, with luster. The average yield of berries from one bush is 3.08 kg. When harvested at technical maturity and cooling the harvested berries to 4-6°C, the products are stored for up to 14 days without loss of quality. The variety is resistant to downy mildew, not too demanding on soil fertility (table).

Variety Nasoloda - thornless blackberry variety of late ripening. It has large, oblong berries, weighing 6-8 g, sweet and sour. The fruits are used for industrial processing and consumption fresh. With good farming techniques, the maximum yield reaches 1.44 kg from the bush.

Variety Sadove chudo - thornless, early-medium ripening. Berries elongated, elliptical, 5.3-6.4 g, black with a glossy sheen. Ripening in early July, the taste is dessert. With good farming techniques, the maximum yield reaches 0.85 kg from the bush.

Table

Consumer characteristics of varieties

Variety	Ripeness group	Description of the berries	Weight of berry, g	Taste on a 5-point scale	Max yield t/ha	Transportable-ness	Using
Loch Tay	Ultra-early	Black, elliptical, dense, shiny, sweet taste	4-5	4,9	5,77	Excellent	Fresh berries, comfiture, jam, juice
Nasoloda	Late	Black, large, oblong, sweet and sour taste	6-8	4,2	4,82	Good	Fresh berries, alcoholic beverage industry
Sadove chudo	Early-middle	Black, elongated, elliptical, with a glossy sheen, dessert taste	5,3-6,4	4,7	3,26	Good	Mostly fresh berries, comfiture, jam



Analysis of the table shows, that varieties such as Loch Tay and Nasoloda are more universal, while Sadove chudo, due to its good portability and good taste, is often used fresh. A significant advantage of the variety "Loch Tay" is its high productivity and early ripening, which allows you to harvest from late June to early July. However, it is inferior to the mass of berries varieties of domestic selection "Sadove chudo" and "Nasoloda". All the above varieties have a relatively high profitability, give a good harvest and have a wide range of applications for processing.

Conclusions. All considered varieties are suitable for effective cultivation in Ukraine. The Loch Tay variety has a slight advantage due to its high and early productivity. At the same time, the use of Nasoloda and Sadove chudo varieties is extremely promising for the production conveyor. It is expedient to consider the received data at selection of grades for laying of plantings of intensive type. In the future, it is advisable to focus research on the study of components of biochemical composition and suitability for the production of processed products of high quality and biological value.

References:

1. Gorodniy N.M., Gorodnyaya M.Ya., Volkodav V.V. and set. (2002). Plodoovoshhnie resursi i ih mediko-biologicheskaya otsenka [Fruit and vegetable resources and their medical and biological assessment]. – K.: Alefa. – 468 c.
2. Frans J., Tornly J.H.M. (1987). Matematicheskiye modeli v selskom hozyajstve [Mathematical models in agriculture.], M.: Agropromizdat, 400 p.
3. Matnazarova D.I. (2020). Assessment of the biochemical composition of blackberries in connection with the use in breeding// Agricultural Science Bulletin. Vol. 5(86). P.17-176. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.170.
4. Pantelidis G.E., Vasilakis R., Manganaris G.A., Diamantidis G. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid content in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and dogwood // Chemistry. Vol. 102. P. 777-783. DOI: 10.1016 / j.foodchem.2006.06.021.
5. Pochitskaya I.M., Roslyakov Yu.F., Komarova N.V. and set. Sensory Components of Fruits and Berries // Food Processing: Techniques and Technology. 2019. – Vol. 49(1). – P. 50–61.
6. Podpryatov G.I., Skaletska L.F., Voitsekhivskii V.I. (2005). Tovaroznavstvo produkciyi roslinnitstva [Commodity of plant products]. – K.: Aristey, 256 p.
7. Strik B.C., Finn C.E., Clark J.R., Bañados P. (2008). Worldwide Production of Blackberries // Acta Horticulturae. Vol. 777. P. 209-218. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.777.31.

© Voitsekhivskiy V., Petrenko M., Andrusyk Yu.,
Rebezov M., Orlovskiy M., Mulyarchuk O.



УДК 677.027

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE ELECTROLYTE ON THE SORPTION OF AROMATIC AMINES BY POLYAMIDE TEXTILE MATERIALS

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА СОРБЦІЮ АРОМАТИЧНИХ АМІНІВ ПОЛІАМІДНИМИ ТЕКСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Haranina O.O. / Гараніна О.О.

d.t.s., as.prof. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4715-3851

Red'Ko, Ya.V. / Редько Я.В.

d.t.s., as.prof. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7284-6898

Romaniuk, Ie. O / Романюк Є.О.

PhD, as.prof. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-4805-959X

Kyiv National University of Technologies and Design ,

Kyiv, Nemyrovycha-Danchenka, 2, 01011

Київський національний університет технологій та дизайну,

Київ, Немировича-Данченка, 2, 01011

Анотація. Метою роботи є встановлення зв'язу сорбції ароматичних амінів поліамідними текстильними барвниками при введенні електроліту. В якості ароматичного аміну використано парафенілендіаміну, який широко використовується в технології фарбування натурального хутра з утворенням стійких забарвлень насиченого чорного кольору. Робота направлена на розширення існуючого асортименту барвників, що використовуються при фарбуванні поліамідних текстильних матеріалів

Ключові слова: поліамідні волокна, фарбування, парафенілендіамін, хлористий натрій, електроліт.

Вступ.

Хімічна технологія текстильних матеріалів, як наука, займається крім розробки науково-обґрунтованих технологічних процесів обробки волокнистих матеріалів, дослідженням хімічних, фізико-хімічних процесів, що протікають в процесах опорядження на всіх стадіях технологічного процесу [1-3]. Дослідження сутності хімічних і фізико-хімічних процесів необхідно для обґрунтованої їх зміни в напрямку інтенсифікації процесів обробки, поліпшення якості волокнистих матеріалів, для розробки принципово нових процесів обробки волокнистих матеріалів [3,4].

Постановка проблеми.

До теперішнього часу однією з серйозних проблем фарбування поліамідних волокон залишається складність фарбування цих волокон в чорний колір, оскільки застосовувані для цих цілей барвники не завжди забезпечують отримання глибокого чорного кольору з високою міцністю забарвлення. Поліамідна текстильна сировина забарвлюється практично всіма класами барвників, однак, кожному з них притаманні ті чи інші недоліки в залежності від природи барвника [4].



Завдання дослідження.

Таким чином, існує необхідність у знаходженні технічного рішення фарбування поліамідної текстильної сировини в глибокий чорний колір з отриманням забарвлень стійких до зовнішніх впливів при відсутності прояви структурної неоднорідності, пов'язаної з хімічною і фізичною нерівномірністю структури волокна. Рішення проблеми неможливо, без дослідження сутності процесів (наукова задача), конкретизації умов їх проведення стосовно волокнистих поліамідних матеріалами (практичне завдання).

Виклад основного тексту.

Фарбуванню піддавалося поліамідне трикотажне круглов'язане полотно з переплетенням гладь, вироблене на панчішному автоматі 14 класу з використанням комплексної поліамідної нитки 15,6 текс в три складання. Трикотажне полотно вироблено з комплексної поліамідної нитки - ТУ У 6-00204048-68-93.

Загальною закономірністю для всіх класів барвників та всіх видів волокон є чітка залежність між розчинністю барвника у зовнішньому середовищі і коефіцієнтом розподілу K , що характеризує спорідненість барвника до волокна. Чим вище розчинність у зовнішньому середовищі, тим нижче K [5-7]. Ця залежність залишається справедливою і в разі фарбування з середовища органічних розчинників. Однак для органічних розчинників проблема низького коефіцієнта розподілу барвників стає більш важливою, ніж в разі фарбування з водних систем. Відомо, що дисперсні барвники малорозчинні у водному середовищі і відносно добре розчиняються (~ 100 г / л) навіть в неполярних органічних розчинниках при високих температурах фарбування. Це призводить до низьких значень $K < 1$ і робить періодичне фарбування з середовища органічних розчинників малоекономічним і поки недостатньо конкурентоспроможним за цим показником в порівнянні з фарбуванням з водних дисперсій [6,7].

Залежність коефіцієнта розподілу від розчинності дисперсних антрахінонових барвників в перхлоретілені і поліефірному волокні показує, що коефіцієнт розподілу K знаходиться в тісній залежності від розчинності барвників у волокні, що пов'язано з близькою природою гідрофобного розчинника і гідрофобного волокна.

Теорія регулярних розчинів і концепція параметра розчинності (δ) дозволяють зв'язати сорбційні властивості барвників у рівноважному стані з величинами параметрів розчинності барвників, волокон і розчинників, з яких здійснюється фарбування. Випробування великого числа барвників (більше 40) і розчинників (більш 20) на поліефірних, поліамідних і ацетатних волокнах показали тісну кореляцію між параметрами розчинності всіх трьох компонентів системи.

Залежність константи розподілу між поліефірним волокном і органічними розчинниками від δ розчинників показує, що максимальне значення K досягається, коли розчинника сильно відрізняється від δ волокна. Найвища розчинність барвника у фарбувальній ванні відповідає максимальному наближенню параметра розчинності барвника до параметру розчинності



середовища. Це правило, в основі якого лежить механізм міжмолекулярної взаємодії барвника з волокном і з середовищем, з якої він сорбується волокном, може бути покладено в основу цілеспрямованого синтезу барвників і вибору органічного розчинника в якості середовища для фарбування.

Зміна складу фарбувальної ванни за рахунок введення розчинників з відповідною величиною параметра розчинності є досить простим рішенням, але використання органічних розчинників неминуче робить дорожчим процес, погіршує умови праці, робить дорожчим устаткування для фарбування. З цієї причини в даній роботі зроблена спроба погіршення розчинності парафенілендіаміну (дисперсного барвника) у воді за рахунок введення електроліту (висолювання).

В опоряджувальному виробництві використовуються два електроліти: хлористий натрій та сірчаноокислий натрій. В роботі використовується хлористий натрій.

На рис. 1 показана залежність оптичної густини розчинів забарвлених зразків полікапроамідних трикотажних полотен в залежності від концентрації хлористого натрію у фарбувальній ванні при збереженні незмінними інших параметрів фарбування. Початкова ділянка кривої показує різке збільшення оптичної густини, після проходження максимуму при 6 г / л слід плавний спад оптичної густини розчинів аж до концентрації хлористого натрію, що дорівнює 100 г / л.

Подібний характер кривої ускладнює знаходження емпіричного рівняння для її опису: навіть поліном 8 ступеня не дозволяє адекватно описати характер кривої на рис.1. Експериментальні дані підтверджують можливість збільшення спорідненості парафенілендіаміну (ПФДА) до поліамідного волокна за рахунок зменшення розчинності («висолювання») ПФДА у воді.

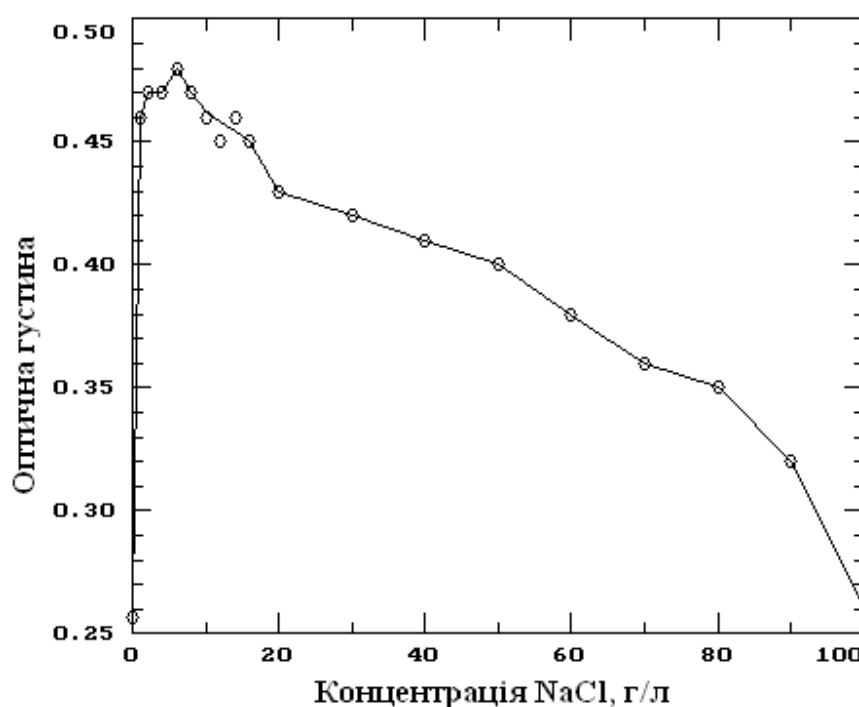


Рис. 1. Залежність оптичної густини розчинів забарвлених поліамідних полотен від концентрації хлористого натру у фарбувальній ванні.



При введенні від 2 до 8 г / л хлористого натрію оптична густина зростає майже вдвічі: від 0,26 до 0,48. Так як продукти окислення ПФДА в розчинах підкоряються закону Ламберта-Бера, зростання оптичної густини в 1,87 рази означає практично зростання кількості барвника, синтезованого на волокні в 1,87 рази.

Прийнято, що для звичайних дисперсних барвників добавки електроліту в фарбувальну ванну практично не впливають на процес фарбування. Однак, на відміну від звичайних дисперсних барвників, висока розчинність ПФДА у гарячій воді робить можливим за рахунок введення електроліту в фарбувальну ванну значно збільшити інтенсивність забарвлення.

На початковому етапі досліджень вважалося, що збільшення концентрації хлористого натрію в фарбувальній ванні і відповідне «висолювання» ПФДА буде призводити до монотонного збільшення кількості ПФДА, сорбованої з волокна. Однак, на концентраційній залежності є максимум, причини появи якого на даному етапі можуть бути висловлені лише у вигляді робочих гіпотез, що вимагають експериментальної перевірки.

Перша робоча гіпотеза: при збільшенні концентрації електроліту в робочій ванні змінюється стан поверхнево-активних речовин у водному розчині: погіршення розчинності поверхнево-активних речовин («висолювання») може призводити до зменшення величини критичної концентрації міцело утворення (ККМ1) і до збільшення кількості сферичних міцел поверхнево-активних речовин в розчині.

Метою використання поверхнево-активних речовин при фарбуванні дисперсними барвниками є збільшення розчинності барвника за рахунок солюбілізації барвника всередині міцели. Для ПФДА солюбілізація не потрібна, так як він і так добре розчинний в гарячій воді. З іншого боку, введення поверхнево-активних речовин при сорбції ПФДА необхідно для поліпшення змочуваності волокон, для підвищення рівномірності забарвлень. У підсумку, внутрішня частина мицелл і волокно конкурують один з одним щодо ПФДА. При фарбуванні ПФДА в прийнятих в роботі режимах фарбування вводилося 0.05 г / л ОС-20 для поліпшення змочуваності. Можна припускати, що при таких низьких концентраціях ОС-20 висолювання поверхнево-активної речовини не відіграє суттєвої ролі, зокрема, при концентраціях хлористого натрію до 10 г / л ($\approx 1\%$).

Друга робоча гіпотеза: при погіршенні розчинності ПФДА настає момент, коли за рахунок низької концентрації у фарбувальній ванні молекулярно розчиненого ПФДА істотно зменшується швидкість дифузії ПФДА у волокно (зменшується градієнт концентрації в рамках 1 закону Фіка). Якщо ця робоча гіпотеза вірна, то має місце традиційний компроміс між термодинамічною спорідненістю і кінетикою процесу. Експериментальна перевірка цієї робочої гіпотези досить проста: необхідно досліджувати концентраційну залежність сорбції зі збільшенням тривалості сорбції ПФДА, наприклад, з 1 до 7 годин.

Заключення та висновки.

Показано, що введення електроліту в фарбувальну ванну збільшує вибирання ПФДА при фарбуванні поліамідного волокна. У прийнятих умовах



фарбування оптимальну кількість хлористого натрію в фарбувальній ванні, відповідне максимуму оптичної густини, так само 6-8 г / л.

Література:

1. Textiles for protection / ed. R.A. Scott – Cambridge England.: – Woodhead publishing limited, 2005. – 754 p.
2. Schindler W. D. Chemical finishing of textiles / W. D. Schindler, P. J. Hauser - Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd., 2004. – 213 p.
3. Гаранина О.А. Реакционная модификация волокнистых материалов: монография / О.А. Гаранина, Н.А. Бардаш, О.В. Романкевич – К.: КНУТД, 2013. – 160 с.
4. Handbook of textile and industrial dyeing. Volume 1: Principles, processes and types of dyes. - Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2011. – 652p.
5. Русанов А. И. Фазовые равновесия и поверхностные явления / А.И.Русанов – Л.: Химия, 1967. – 388 с.
6. Вакула В.Л. Физическая химия адгезии полимеров / В.Л.Вакула, Л.М. Притыкин – М.: Химия, 1984. – 244 с.
7. Воюцкий С.С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых материалов дисперсиями полимеров / С.С. Воюцкий. - Л.: Химия, 1969. - 336 с.

Abstract. For a reasonable change in chemical and physicochemical processes, it is necessary to investigate their essence. Such research are aimed at intensifying finishing processes, improving the quality of fibrous materials, and is essential for the development of fundamentally new processes for finishing fibrous materials. The possibility of regulating the sorption of aromatic amines by a polyamide textile material when an electrolyte is introduced into the dyeing bath is shown in the study. The introduction of the electrolyte in the dye bath increases the sorption of GAL when dyeing polyamide fibers. An increase in the concentration of sodium chloride in the dye bath and the corresponding "salting out" of paraphenylenediamine will lead to a monotonic increase in the amount of paraphenylenediamine sorbed from the fiber.

Key words: polyamide textiles, dyeing, paraphenylenediamine, sodium chloride, electrolyte.

Статья відправлена: 26.11.2020 г.

© Гаранина О.О.



Expert-Peer Review Board of the journal Экспертно-рецензионный Совет журнала

Abdulveleva Rauza Rashitovna, Orenburg State University, Russia
Antoshkina Elizaveta Grigorevna, South Ural State University, Russia
Artyuhina Marina Vladimirovna, Slavic State Pedagogical University, Ukraine
Afinskaya Zoya Nikolaevna, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Russia
Bashlaj Sergej Viktorovich, Ukrainian Academy of Banking, Ukraine
Belous Tatyana Mihajlovna, Bukovinian State Medical Academy, Ukraine
Bondarenko Yuliya Sergeevna, PSU named after T.G. Shevcheckko Department of Psychology, Ukraine
Butyrskij Aleksandr Gennadevich, Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Russia
Vasilishin Vitalij Yaroslavovich, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
Vojcehovskij Vladimir Ivanovich, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Gavrilova Irina Viktorovna, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Russia
Ginis Larisa Aleksandrovna, South Federal University, Russia
Gutova Svetlana Georgievna, Nizhnevartovsk State University, Russia
Ivanova Svetlana Yurevna, Kemerovo State University, Russia
Ivlev Anton Vasilevich, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Russia
Idrisova Zemfira Nazipovna, Ufa State Aviation Technical University, Russia
Iliev Veselin, Bulgaria
Kirillova Tatyana Klimentevna, Irkutsk State Transport University, Russia
Kovalenko Tatyana Antolevna, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Russia
Kotova Svetlana Sergeevna, Russian State Vocational Pedagogical University, Russia
Krestyanpol Lyubov Yurevna, Lutsk State Technical University, Ukraine
Kuhtenko Galina Pavlovna, National University of Pharmacy of Ukraine, Ukraine
Lobacheva Olga Leonidovna, Mining University, Russia
Lyashenko Dmitrij Alekseevich, National Transport University, Ukraine
Makarenko Andrej Viktorovich, Donbass State Pedagogical University, Ukraine
Melnikov Aleksandr Yurevich, Donbass State Engineering Academy, Ukraine
Moroz Lyudmila Ivanovna, "National University" "Lviv Polytechnic" "", Ukraine
Muzylyov Dmitrij Aleksandrovich, Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko, Ukraine
Nadopta Tatyana Anatolievna, Khmelnytsky National University, Ukraine
Napalkov Sergej Vasilevich, Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Russia
Nikulina Evgeniya Viktorovna, Belgorod State National Research University, Russia
Orlova Anna Viktorovna, Belgorod State National Research University, Russia
Osipov Viktor Avenirovich, Tyumen State University, Russia
Privalov Evgenij Evgrafovich, Stavropol State Agrarian University, Russia
Pyzhyanova Nataliya Vladimirovna, Ukraine
Segin Lyubomir Vasilovich, Slavic State Pedagogical University, Ukraine
Sergienko Aleksandr Alekseevich, Lviv National Medical University named after Daniil of Galitsky, Ukraine
Sochinskaya-Sibirceva Irina Nikolaevna, Kirovograd State Technical University, Ukraine
Sysoeva Vera Aleksandrovna, Belarusian National Technical University, Belarus
Tleuov Ashat Halilovich, Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan
Tolbatov Volodimir Aronovich, Sumy State University, Ukraine
Tolbatov Sergij Volodimirovich, Sumy National Agrarian University, Ukraine
Hodzhaeva Gyulnaz Kazym kyzy, Russia
Chigirinskij Yulij Lvovich, Volgograd State Technical University, Russia
Shehmirzova Andzhela Muharbievna, Adygea State University, Russia
Shpinkovskij Aleksandr Anatolevich, Odessa National Polytechnic University, Ukraine

**CONTENTS/СОДЕРЖАНИЕ****Mechanical engineering and machinery****Машиностроение и машиноведение**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-026> **6**

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DEPENDENCE OF STABILITY OF THE TOOL ON INTENSITY OF COOLING AND MODES OF CUTTING

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТУ ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ І РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

Lisikh A.Y. / Лисих А.Ю., Budurov V.L. / Будуров В.Л., Kobayakov S.M. / Коб'яков С.М.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-031> **12**

CYLINDRICAL BURNER DEVICE FOR COMPATIBLE COMBUSTION OF COAL DUST WITH NATURAL GAS

ЦИЛІНДРИЧНИЙ ПАЛЬНИКОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ СУМІСНОГО СПАЛЮВАННЯ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ З ПРИРОДНИМ ГАЗОМ

Butovsky L.S. / Бутівський Л.С., Bednarska I.S. / Беднарська І.С., Mazur V.P. / Мазур В.П., Lytvyn D.V. / Литвин Д. В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-042> **16**

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SOLID FUEL COMPOSITION ON QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF HEAVY METAL EMISSIONS

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА КІЛЬКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИКИДІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Sheleshey T.V. / Шелешей Т.В., Bednarska I. S. / Беднарська І.С., Merenher P.P. / Меренгер П.П., Usov I.L. / Усов І.Л., Oliyuk V.O. / Олійник В.О.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-043> **19**

QUANTITATIVE EMISSIONS OF SUSPENDED SOLID PARTICLES AT DIFFERENT COMBUSTION TECHNOLOGIES

КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВИКИДІВ СУСПЕНДОВАНИХ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК ПРИ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ СПАЛЮВАННЯ

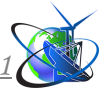
Sheleshey T.V. / Шелешей Т.В., Bednarska I. S. / Беднарська І.С., Mayer L. / Майер Л., Budyu Yu.S. / Будя Ю.С., Litvinenko O.V. / Литвиненко О.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-050> **23**

CALCULATION OF THE SYSTEM OF THERMAL STABILIZATION OF SHAFTS WHEN CALENDERING SHEETS OF THERMOPLASTICS

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЇ ВАЛІВ ПРИ КАЛЕНДРУВАННІ ЛИСТІВ З ТЕРМОПЛАСТИВ

Dvoinos Ya.H. / Двойнос Я.Г., Podyma H.S. / Подиман Г.С., Rudnytskyi B.A. / Рудницький Б.А.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-058>

28

REDUCTION OF CONSUMPTION AND RESTORATION OF WASTEWATER AT TPP**СКОРОЧЕННЯ СПОЖИВАННЯ ТА ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ СТИЧНИХ ВОД НА ТЕС**

*Hranovskaya O.O. / Грановська О.О., Bednarska I. S. / Беднарська І.С.,
Kotsiuba O.A./ Коцюба О.А., Kolibabchuk N.O./ Колібабчук Н.О.,
Bednarska Ya. S. / Беднарська Я.С.*

Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering**Енергетика**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-010>

32

IMPROVED APPROACH TO THE INTERPRETATION OF GAS WELL STEADY-STATE MULTI-RATE PRODUCTION TEST

Burachok O.V., Boichuk T.R., Kondrat O.R., Matkivskii S.V.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-013>

39

MODULE OF ENERGY COMPLEX

МОДУЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ
Sklyarenko E.V. / Склярєнко Є.В., Vorobiov L.Y. / Воробйов Л.Й.

Mining engineering. Metallurgy**Металлургия и материаловедение**<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-014>

46

SOME FEATURES OF CERAMIC FOAM FILTERS ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES DEVELOPMENT

*Gevorkyan E. S. / Геворкян Э. С., Nerubatskyi V. P. / Нерубацький В. П.
Gutsalenko Yu. G. / Гуцаленко Ю. Г., Morozova O. M. / Морозова О. Н.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-040>

61

EFFECT OF A PRELIMINARY THERMOCYCLIC TREATMENT ON THE ENERGY INTENSITY OF SUBSEQUENT MECHANICAL DESTRUCTION OF ROCKS.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПОСЛЕДУЮЩЕГО МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД.
Livak O.V./ Ливак О.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-056>

67

PROBLEMS OF ROLLING THE PILGRIME HEAD AND WAYS OF THEIR SOLUTION. Message 1

ПРОБЛЕМЫ РАСКАТКИ ПИЛИГРИМОВОЙ ГОЛОВКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ
Сообщение 1
Balakin V.F./Балакин В.Ф., Stasevsky S.L./Стасевский, С.Л., Ugryumov Y.D./Угрюмов Ю.Д.

**Animal products., Cereals and grain. Milling industry****Технология продовольственных продуктов****<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-008> 85****PRODUCTIVITY OF MILKING COWS UNDER DIFFERENT APPROACHES TO THE ORGANIZATION OF THEIR TECHNOLOGY OF FEEDING****ПРОДУКТИВНІСТЬ ДІЙНИХ КОРІВ ЗА РІЗНИХ ПІДХОДІВ ЩО ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ГОДІВЛІ***Zolotaryov A.P. / Золотарьов А.П., Sedyuk I.E. / Седюк І.Є., Piskun V.I. / Піскун В.І.***<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-039> 90****REGULARITIES OF STRUCTURE FORMATION IN DESSERT TECHNOLOGY****ЗАКОНОМІРНОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ДЕСЕРТІВ***G.O. Sabadosh / Г.О. Сабадош***<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-044> 97****USE OF POLYDEXTROSE IN TECHNOLOGY OF FONDANT SWEETS****ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІДЕКСТРОЗИ В ТЕХНОЛОГІЇ ПОМАДНИХ ЦУКЕРОК***Onofriichuk O.S. / Онофрійчук О.С., Kokhan O.O. / Кохан О.О.**Kambulova Yu.V. / Камбулова Ю.В., Hrytsaiova A.O. / Грицайова А.О.***<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-048> 105****EVALUATION OF THE INNOVATIVE ASPECT OF AGROTECHNOLOGIES ON YIELD AND QUALITY OF RAW MATERIALS (MATRICARIA****CHAMOMILLA L.) ACCORDING TO THE STATE PHARMACOPOEY****ОЦІНКА ІННОВАЦІЙНОГО АСПЕКТУ АГРОТЕХНОЛОГІЙ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ (MATRICARIA CHAMOMILLA L.) ЗГІДНО ДЕРЖАВНОЇ ФАРМАКОПЕЇ***Padalko T. O. / Падалко Т.О.***<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-068> 110****VARIETAL FEATURES OF BLACKBERRY VARIETIES IN UKRAINE***Volodimir Voitsekhivskiy / Войцехівський В., Myroslava Petrenko / Петренко М.**Yurii Andrusyk / Андрусик Ю., Maxim Rebezov / Ребезов М.**Mikola Orlovskiy / Орловський М., Oksana Mulyarchuk / Мулярчук О.***Textile industries****Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности****<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit14-01-046> 113****INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE ELECTROLYTE****ON THE SORPTION OF AROMATIC AMINES BY****POLYAMIDE TEXTILE MATERIALS****ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА СОРБЦІЮ АРОМАТИЧНИХ АМІНІВ ПОЛІАМІДНИМИ ТЕКСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ***Haranina O.O. / Гараніна О.О., Red'Ko, Ya.V. / Редько Я.В., Romaniuk, Ie. O. / Романюк Є.О.*



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 84.35)

Issue №14

Part 1

November 2020

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: 26.12.2020

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



*The publisher is not responsible for the reliability of the
information and scientific results presented in the articles*

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





www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de