



RS Global

ISSN 2413-1032



WORLD SCIENCE

Multidisciplinary Scientific Edition



RS Global

WORLD SCIENCE

№ 6(58)
Vol.1, June 2020

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws

All articles are published in open-access and licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Hence, authors retain copyright to the content of the articles. CC BY 4.0 License allows content to be copied, adapted, displayed, distributed, re-published or otherwise re-used for any purpose including for adaptation and commercial use provided the content is attributed. Detailed information at Creative Commons site: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Publisher –
RS Global Sp. z O.O.,

Warsaw, Poland

Numer KRS: 0000672864
REGON: 367026200
NIP: 5213776394

Publisher Office's address:
Dolna 17, lok. A_02
Warsaw, Poland,
00-773

Website: <https://rsglobal.pl/>
E-mail: editorial_office@rsglobal.pl
Tel: +4(822) 602 27 03

DOI: 10.31435/rsglobal_ws
OCLC Number: 1051262033
Publisher - RS Global Sp. z O.O.
Country – Poland
Format: Print and Electronic version
Frequency: monthly
Content type: Academic/Scholarly

EDITORIAL BOARD:

Nobanee Haitham Associate Professor of Finance, Abu Dhabi University, United Arab Emirates

Almazari Ahmad Professor in Financial Management, King Saud University-Kingdom of Saudi Arabia, Saudi Arabia

Lina Anastassova Full Professor in Marketing, Burgas Free University, Bulgaria

Mikiashvili Nino Professor in Econometrics and Macroeconomics, Ivane Javakishvili Tbilisi State University, Georgia

Alkhalwaldeh Abdullah Professor in Financial Philosophy, Hashemite University, Jordan

Mendebaev Toktamys Doctor of Technical Sciences, Professor, LLP "Scientific innovation center "Almas", Kazakhstan

Yakovenko Nataliya Professor, Doctor of Geography, Ivanovo State University, Shuya

Mazbayev Ordenbek Doctor of Geographical Sciences, Professor of Tourism, Eurasian National University named after L.N.Gumilev, Kazakhstan

Sentyabrev Nikolay Professor, Doctor of Sciences, Volgograd State Academy of Physical Education, Russia

Ustenova Gulbaram Director of Education Department of the Pharmacy, Doctor of Pharmaceutical Science, Kazakh National Medical University name of Asfendiyarov, Kazakhstan

Harlamova Julia Professor, Moscow State University of Railway Transport, Russia

Kalinina Irina Professor of Chair of Medicobiological Bases of Physical Culture and Sport, Dr. Sci.Biol., FGBOU VPO Sibirsky State University of Physical Culture and Sport, Russia

Imangazinov Sagit Director, Ph.D, Pavlodar affiliated branch "SMU of Semei city", Kazakhstan

Dukhanina Irina Professor of Finance and Investment Chair, Doctor of Sciences, Moscow State Medical Dental University by A. I. Evdokimov of the Ministry of health of the Russian Federation, Russian Federation

Orehovskiy Wadym Head of the Department of Social and Human Sciences, Economics and Law, Doctor of Historical Sciences, Chernivtsi Trade-Economic Institute Kyiv National Trade and Economic University, Ukraine

Peshcherov Georgy Professor, Moscow State Regional University, Russia

Mustafin Muafik Professor, Doctor of Veterinary Science, Kostanay State University named after A. Baitursynov

Ovsyanik Olga Professor, Doctor of Psychological Science, Moscow State Regional University, Russian Federation

Suprun Elina Professor, Doctor of Medicine, National University of Pharmacy, Ukraine

Kuzmenkov Sergey Professor at the Department of Physics and Didactics of Physics, Candidate of Physico-mathematical Sciences, Doctor of Pedagogic Sciences, Kherson State University

Safarov Mahmatali Doctor Technical Science, Professor Academician Academia Science Republic of Tajikistan, National Studies University "Moscow Power Institute" in Dushanbe

Omarova Vera Professor, Ph.D., Pavlodar State Pedagogical Institute, Kazakhstan

Koziar Mykola Head of the Department, Doctor of Pedagogical Sciences, National University of Water Management and Nature Resources Use, Ukraine

Tatarintseva Nina Professor, Southern Federal University, Russia

Sidorovich Marina Candidate of Biological Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, Full Professor, Kherson State University

Polyakova Victoria Candidate of Pedagogical Sciences, Vladimir Regional Institute for Educational Development Name L. I. Novikova, Russia

Issakova Sabira Professor, Doctor of Philology, The Aktyubinsk regional state university of K. Zhubanov, Kazakhstan

Kolesnikova Galina Professor, Taganrog Institute of Management and Economics, Russia

Utebaliyeva Gulnara Doctor of Philological Science, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

Uzilevsky Gennady Dr. of Science, Ph.D., Russian Academy of National Economy under the President of the Russian Federation, Russian Federation

Krokhmal Nataliia Professor, Ph.D. in Philosophy, National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine

Chorny Oleksii D.Sc. (Eng.), Professor, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

Pilipenko Oleg Head of Machine Design Fundamentals Department, Doctor of Technical Sciences, Chernigiv National Technological University, Ukraine

Nyyazbekova Kulanda Candidate of pedagogical sciences, Kazakhstan

Cheshmedzhieva Margarita Doctor of Law, South-West University "Neofit Rilski", Bulgaria

Svetlana Peneva MD, dental prosthetics, Medical University - Varna, Bulgaria

Rossikhin Vasilii Full dr., Doctor of Legal Sciences, National Law University named after Yaroslav the Wise, Ukraine

Pikhtirova Alina PhD in Veterinary science, Sumy national agrarian university, Ukraine

Temirbekova Sulukhan Dr. Sc. of Biology, Professor, Federal State Scientific Institution All-Russia Selection-Technological Institute of Horticulture and Nursery, Russian Federation

Tsybaliuk Vitalii Professor, Doctor of Medicine, The State Institution Romodanov Neurosurgery Institute National Academy of Medical Sciences of Ukraine

CONTENTS

ENGINEERING SCIENCES

- Olga Chorna, Mykola Guchenko, Oleg Bisikalo, Oleksii Chorny, Artem Artemenko*
EXPERIMENTAL STUDY OF INFORMATION TECHNOLOGY OF INTEGRATED
INDUCTION MOTORS CONDITION MONITORING..... 4
- Vyacheslav Royanov, Irina Zakharova, Mykyta Kriuchkov, Valeriy Chigarev*
INVESTIGATION OF FACTORS, DETERMINING DISPERSITY OF COATING PARTICLES
AT ARC SPUTTERING WITH PULSATING SPRAYING STREAM..... 10

PHYSICS AND MATHEMATICS

- Akhmadjon Soleev*
POWER GEOMETRY IN LOCAL RESOLUTION OF SINGULARITIES
OF AN ALGEBRAIC CURVE..... 21

CHEMISTRY

- Manuchar Chiqovani, Manoni Gabelashvili, Marisabel Zarqua, Nana Megrelishvili*
HYDROCHEMICAL AND SANITARY MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF THE ELENA
HILL SPRING WATERS IN THE NAKHUNAO COMMUNITY OF MARTVILI
MUNICIPALITY..... 27

PHARMACY

- Брубейкер І. О., Білан О. А., Марченко-Толста К. С.*
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ НАНОСИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛІКІВ..... 32

PROJECT MANAGEMENT

- Бойко Євгенія Григорівна, Куценко Марина Миколаївна*
ЗАСТОСУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ОЩАДЛИВОГО ВИРОБНИЦТВА ЯК ІНСТРУМЕНТУ
УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА 38

MANAGEMENT AND MARKETING

- Bondar V. N.*
STAGES OF THE CURRENT STATE OF LAND FORESTRY PURPOSES AND FEATURES
OF THEIR USE IN THE CONTEXT OF THE LEGAL REGIME..... 43

ENGINEERING SCIENCES

EXPERIMENTAL STUDY OF INFORMATION TECHNOLOGY OF INTEGRATED INDUCTION MOTORS CONDITION MONITORING**Olga Chorna**

Senior lecturer, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4889-1346>

Mykola Guchenko

Doctor of Technical Science, Professor, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9356-7414>

Oleg Bisikalo

Doctor of Technical Science, Professor, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, Ukraine, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7607-1943>

Oleksii Chorny

Doctor of Technical Science, Professor, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8270-3284>

Artem Artemenko

Senior lecturer, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9191-493X>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062020/7098**ARTICLE INFO**

Received: 10 April 2020
Accepted: 12 June 2020
Published: 30 June 2020

KEYWORDS

monitoring, induction motor, information technology, resource, experimental study.

ABSTRACT

The article is devoted to study the process of induction motors monitoring. In industry conditions, at real technological equipment the experimental researches of information technology were carried out to determine possible induction motors malfunctions, as well as to calculate their operation resource. The alternating current magnetic field induction, measured at induction motor stator, as well as acoustic signals accompanying its work were used as information features.

Citation: Olga Chorna, Mykola Guchenko, Oleg Bisikalo, Oleksii Chorny, Artem Artemenko. (2020) Experimental Study of Information Technology of Integrated Induction Motors Condition Monitoring. *World Science*. 6(58), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30062020/7098

Copyright: © 2020 Olga Chorna, Mykola Guchenko, Oleg Bisikalo, Oleksii Chorny, Artem Artemenko. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Introduction. Electrical machinery drives are used in industrial equipment manufacturing in almost all industries. Their unscheduled stop or sudden failure are accompanied by considerable economic losses. Especially large the losses are at powerful powerplants and facilities, that is why, the technical diagnostics in this field is quite developed and is mandatory to prevent failures and timely repair. Much less attention is paid to diagnosis of medium and low power plants, but their significance in view of development of stand-alone drives and plenty of the latter, is growing. Diagnosis is mainly performed by thermal, electrical and vibroacoustic methods, which in certain situations, such as low temperatures, acoustic interference, etc., are not applicable or do not provide the necessary reliability

of information [1-2]. Addressing today's challenges of diagnosis requires the use of innovative methods and tools, including diagnostics of magnetic field distribution at the stator surface, acoustic and even sensory methods, that involve the use of human senses (inspection, listening). This measurement of diagnostic parameters is performed by contactless method and, importantly, in the operating mode. But widespread adoption of such technologies in the industry is hampered by lack of new modeling methods of energy facilities and appropriate software and hardware, that makes urgent and important the research in the field of intellectual promoted comprehensive condition monitoring of induction motors.

Use of diagnosing by the magnetic field distribution on the surface of the engine stator as the main and as additional source of diagnostic information allows more reliably assess the technical condition and predict failure of electrical machines. The outside indirect diagnostic features are the evidence set [3], which reflect the relationship of internal and external parameters. Such diagnostic features may be the parameters of a stable mode, which vary according to the characteristic laws, depending on the place of origin and type of primary faults. Each specific fault is characterized by one or more external features. In some cases, an external sign directly indicates the presence of a specific fault, in the other cases characterizes the fault only indirectly. That is, for the diagnosis and prediction of electric machine and drive condition, it is necessary to know the nature of parameters change at various primary faults and to choose from them the defining ones.

This task is solved by development of monitoring information technology that provides recognition of the current state of induction motors directly during the technological process. An expert system of electric motors condition estimation at the basis of external diagnostic indicators which includes: temperature of motor elements heating, the case vibration, sound indicators of work, magnetic field induction measured on induction motor stator surface, etc., was developed. The system allows to carry out preliminary motor diagnostics with the issuance of recommendations about possibility of its further operation expediency [7, 9].

Said problem is solved by constructing of information monitoring technology, which provides the induction motors current state monitoring directly during technological process. The developed expert system of electric motors assessment is based on external diagnostic indicators, which include: temperature of engine elements heating, casing vibration, sound parameters, the magnetic field induction, measured at the stator surface, etc., which allows preliminary diagnosis of engine with issuing of recommendations on the possibility and expediency of its further exploitation [7, 9].

Experimental Verification. Experimental studies of information technology were carried out in the production conditions, at the mining and processing enterprise of JSC "Poltava Mining and Processing Works", Horishni Plavni, Ukraine. The induction motor that was inspected was the AKZ-12-39-6UHL4 induction motor with nominal data: power of 320 kW, voltage of 6 kV, rotation speed of 985 rpm, stator current 38.5A. The engine drives the conveyor belt No. 82, the SMS-2 section of the crushing and processing plant (DZF). Conveyor No. 82 has a length of 182 m and a capacity of 3000 t/h. It transports ore from the "Barmak" crushers and drum magnetic separators.

This engine was selected as monitored object for the reason that the service personnel detected the following abnormalities in its operation:

- acoustic oscillations with a periodic change of tone with a low frequency harmonic component;
- the motor speed at rated load is reduced and its variations are felt. This is observed by a slight uneven movement of the conveyor belt;
- the stator current, according to the amperemeter arrow oscillations, has a pulsating character, with the oscillation amplitude being 5-10% of the value of the rated current.

To determine the cause of the motor operation abnormalities the stator phase current and noise created by steady running motor were measured. The current registration was carried out by recording the signal from high-voltage current transformer of induction motor connection cell with digital system of electrical signals registration and visualization "Vizier-3".

Fig. 1 shows a graphical representation of the recorded motor current signal. The measured current signal is very noised by impulse disturbances. Median filters were used to reduce the noise level [4 - 6]. The filtered signals are shown in Fig. 2.

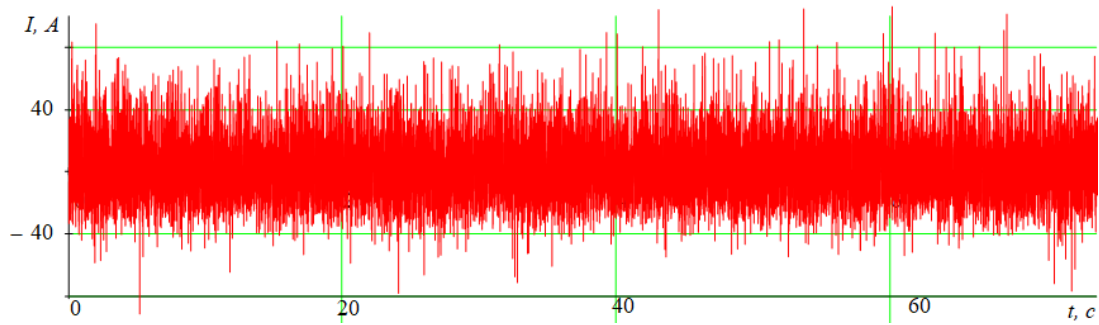


Fig. 1. Recorded motor current signal

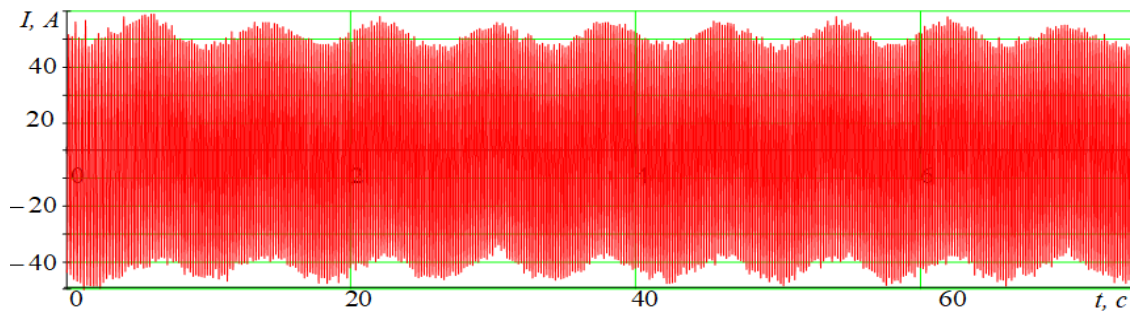


Fig. 2. Filtered motor current signal

As can be seen from Fig. 2, the stator current contains a periodic component which is a diagnostic feature for determining the motor state.

An additional feature is the running motor acoustic background analysis. An electronic sound level meter was used to register it. Acoustic background mapping and analysis was performed using specialized Wavosaur software (Fig. 3, 4).

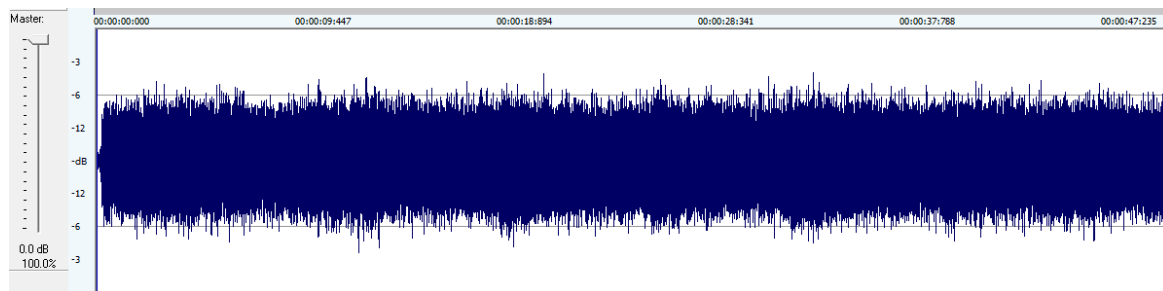


Fig. 3. Signal of running motor acoustic background

It is very difficult to conclude the presence of a periodic component in the acoustic signal visually. So the low-frequency component of the acoustic signal was selected (Fig.4).

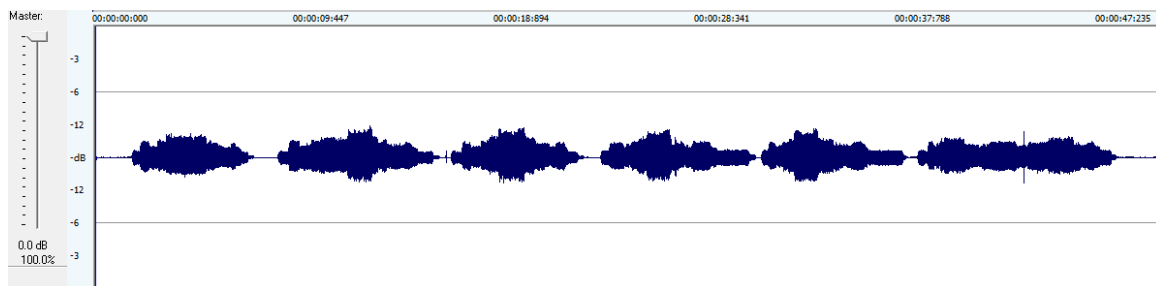


Fig. 4. Low-frequency component of the background acoustic signal

To sum up, we note that obtained data contain diagnostic features: current oscillations, the acoustic signal contains a periodic low-frequency component with a frequency about 0.16 Hz. The spectral components of the phase current and the acoustic signal are almost identical. The slight difference is caused by the shift after filtering, because the filtering algorithms are different. The program window with acoustic signal display and calculation information is shown in fig. 5.

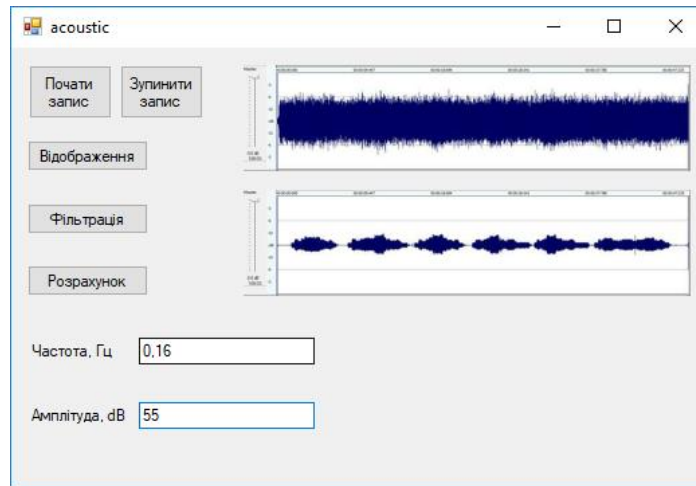


Fig. 5. The window display of the acoustic signal and the calculated information

To diagnose possible malfunction, we use a synthesized expert system. The expert system contains a database of symptoms, causes and recommendations for similar operation mode (Table 1).

Table 1. Symptoms, Causes and Recommendations diagnosed mode.

Symptom	Reason	Recommendation
The rotor speed is reduced and oscillatory; the stator current is pulsating	Poor contact in the rotor circuit:	
	1. Poor contact in the frontal parts windings, the transition resistance between the rods or the connection between parallel groups	check all rotor winding solderings;
	2. bad contact in winding connections with contact rings;	check busducts contacts in the joints of winding and slip rings;
	3. bad contact in the brush machine;	grind brushes, clean contact rings, adjust brush clamp, check contacts of the brush holder and adjust the clamp evenly;
	4. bad contact in connections between contact rings and starting rheostat;	check contacts at the connection points of the stator wires and the starter rheostat
	5. bad contact in the starting rheostat;	insufficient fitting of brushes, check and clean contacts and brushes of starter rheostat;
	6. poor contact between the short-circuited rotor cores and the short-circuiting rings due to the cores separation from the short-circuiting rings or the cores rupture.	find the breakage, solder or replace the bursting rod

The selected features were introduced into the program "Expert System of Electric Motor Failures Diagnostics" and their reasons and recommendations for their elimination were received.

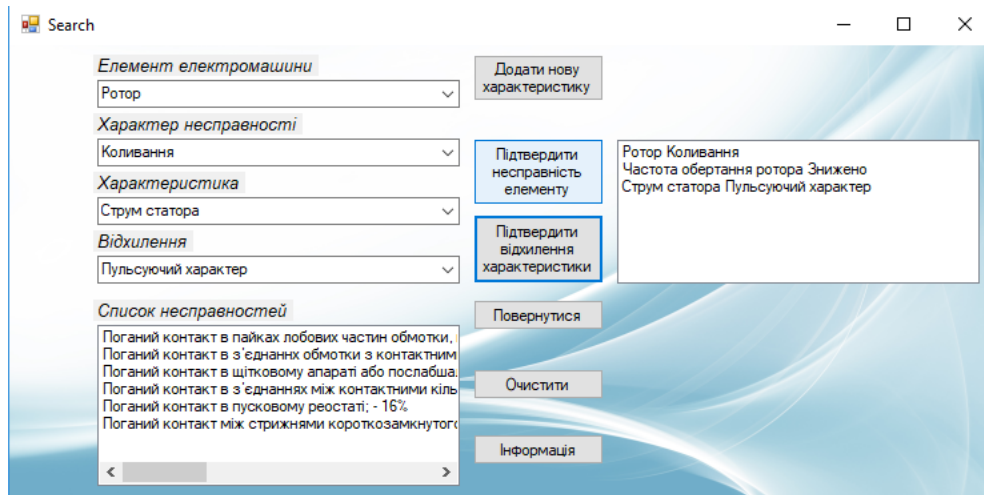


Fig. 6. The results of computer diagnostic system of fault detection

To predict the engine resource and lifetime the magnetic field distribution over the stator was measured according to scheme shown at fig. 8. The measured data are shown in Table. 2.

Table 2. The magnetic field at the inductive motor stator

	Induction, mkT															
Point, <i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Value	380	190	73	21	81	215	368	118	233	159	24	16	27	138	261	108

The obtained distribution of induction is shown at diagram - Fig. 7b. The points at the diagram correspond to the points in the measurement scheme - Fig. 7a.

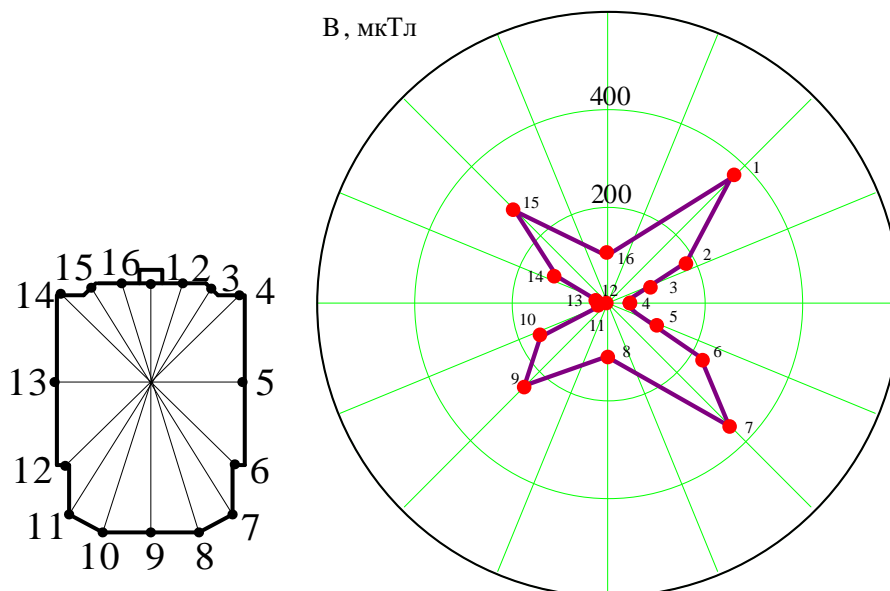


Figure 7. The magnetic field distribution at the induction motor stator: a) diagram of magnetic induction measurements at the induction motor shell surface; b) diagram of distribution.

The program window with magnetic field induction distribution and calculated data is shown at Fig. 8.

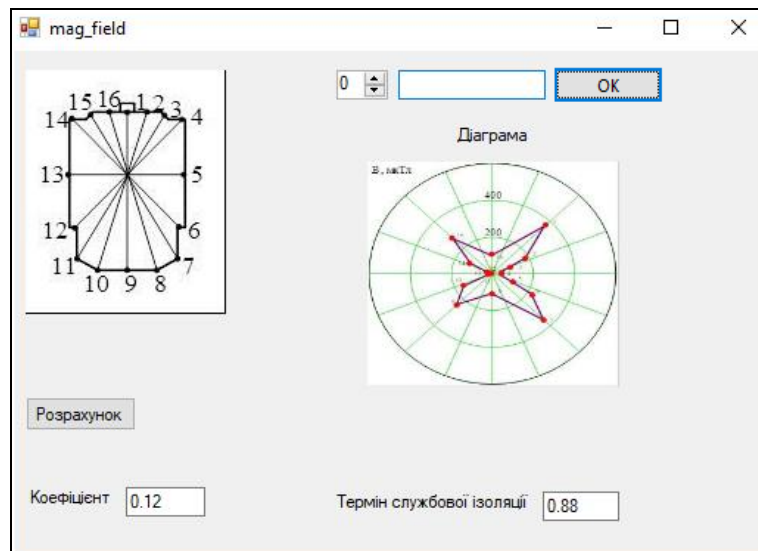


Figure 8. The magnetic field distribution and calculated information

According to obtained data, the value of Buzeman coefficient was calculated by expression [8]:

$$k_b = 0.12$$

Relative life expectancy of induction motor isolation

$$z = 1 - k_b = 1 - 0.12 = 0.88.$$

Conclusions. For the induction motor AKZ-12-39-6UHL4 of drive belt conveyor of mining and processing plant PJSC "Poltava Mining and Processing Plant", Gorishni Plavni, Ukraine, at the basis of outward symptoms was found an internal damage, which, by its value of stator current, did not cause the damage protection system switch on.

Based on the developed diagnostic system software and the accepted features of the inductive motor: visual slight decrease in the conveyor belt speed (motor speed), the oscillatory nature of the stator current and presence of the acoustic signal periodic component, that accompanies the rotation of motor, an existence of rotor damage was identified. The cause of the damage is a poor contact at the winding connections, transitions between the rods, the connection between the parallel groups, the brush unit or the starting rheostat.

REFERENCES

1. Barkov A.V., Barkova N.A. Intellektual'nyye sistemy monitoringa i diagnostiki mashin po vibratsii //Assotsiatsiya VAST, Rossiya, Vyp. - 9, Sankt-Peterburg. - 1999 g.
2. Mikroprotsessornyy registrator sm parametrov raboty silovykh agregatov. Rukovodstvo po ekspluatatsii.// OOO "MikroKOR". Sankt - Peterburg. - 1999. <http://www.microkor.com>
3. Birger I.A. Opredeleniye diagnosticheskoy tsennosti priznakov // Kibernetika. – 1968. - №3. – s.80-85.
4. Pratt W. Digital image processing: Trans. from English. - M.: Mir, 1982. - Book. 2 - 480 p.
5. Tukey J. W., Exploratory Data Analysis, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1971.
6. Ayficher E., Dzhervis B. Tsifrovaya obrabotka signalov. Prakticheskiy podkhod. / M., "Vil'yams", 2004, 992 s.
7. Horkunov B. M. Rozrobka alhorytmichnoho i prohramnoho zabezpechennya diahnostychnoyi systemy otsinky stanu elektrodvyhuniv na osnovi zovnishnikh diahnostychnykh pokaznykiv / B. M. Horkunov, O. A. Chorna, A. A. Tyshchenko // Visnyk Nats. tekhn. un-tu "KHPI": zb. nauk. pr. Temat. vyp.: Avtomatyka ta pryladobuduvannya = Bulletin of National Technical University "KhPI": coll. of sci. papers. Ser.: Automatics and instrument making. – Kharkiv: NTU "KHPI", 2016. – № 15 (1187). – S. 12-15.
8. Zagirnyak, M., Bisikalo, O., Chorna, O., Chorny, O. A Model of the Assessment of an Induction Motor Condition and Operation Life, Based on the Measurement of the External Magnetic Field //2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). – IEEE, 2018. – C. 316-321. INSPEC Accession Number: 17472097. – doi: 10.1109/MEES.2017.8248938
9. Zagirnyak M., Chorny O., Nykyforov V., Sakun O., Panchenko K., "Experimental research of electromechanical and biological systems compatibility [Badania eksperymentalne kompatybilności systemów elektromechanicznych i biologicznych]", *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 92, no. 1, pp. 128-131, 2016.

INVESTIGATION OF FACTORS, DETERMINING DISPERSITY OF COATING PARTICLES AT ARC SPUTTERING WITH PULSATING SPRAYING STREAM

Vyacheslav Royanov

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5379-9096>

Irina Zakharova

PhD, Associate Professor, Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol, Ukraine, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3492-0134>

Mykyta Kriuchkov

Graduate student, Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1012-0156>

Valeriy Chigarev

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1480-2261>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062020/7099

ARTICLE INFO

Received: 14 April 2020
Accepted: 19 June 2020
Published: 30 June 2020

KEYWORDS

mass of liquid metal,
parameters of the electric arc mode,
pulsating air flow,
sprayed surface.

ABSTRACT

The essence of the process of electric arc spraying, consists in melting the electrodes with an electric arc and continuous separation of the liquid metal formed at the ends of the electrodes, a stream of compressed air and dispersing it on the sprayed surface

To use the periodic removal of pulsating air flow of liquid metal from the ends of the electrodes, it is important to solve the problem of guaranteeing the exclusion of short circuits of electrodes in the complete absence of spray flow and constant continuous supply of electrodes to the combustion zone of the arc. short circuit and when the spray flow is turned on after a pause will ensure the separation and transportation of liquid metal from the ends of the electrodes on the sprayed surface.

It is important to determine the optimal mass of liquid metal and the time of formation of a drop of liquid metal depending on the technological parameters of the sprayed electrodes and the energy level of the arc that melts the electrodes.

Studies of the determining factors of this process, namely the parameters of the electric arc mode, diameter, material and feed rate of the electrodes are presented.

Citation: Vyacheslav Royanov, Irina Zakharova, Mykyta Kriuchkov, Valeriy Chigarev. (2020) Investigation of Factors, Determining Dispersion of Coating Particles at Arc Sputtering with Pulsating Spraying Stream. *World Science*. 6(58), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30062020/7099

Copyright: © 2020 Vyacheslav Royanov, Irina Zakharova, Mykyta Kriuchkov, Valeriy Chigarev. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

A method of electric-arc sputtering with a pulsating spraying air flow was developed at the department of Automation and mechanization of welding production of Priazovskiy State Technical

University. The method's principle was described in previous works and the results of investigation of technological characteristics, a substantial decrease of spraying air consumption was reasoned, as well as reduction of alloying elements losses in the coating at electrode materials sputtering.

However, the data regarding the influence of the main factors upon the particles dispersity of the sputtered materials are still missing. This article proposes an analytical evaluation of the mass of dispersed particles at electric-arc sputtering with pulsating spraying flow, with regard to the adjusted Electric arc metallization (hereinafter EAM) [5] diagram, also noted was the leading influence of electric arc energy upon the particles dispersity.

Figure 1 represents the evaluated diagrams of the forces, acting upon the liquid metal of electrodes at electric-arc sputtering.

Figure 1a – is the diagram for the cases with maximum action of the spraying flow at EAM, in accordance with [11, 12] data, when

$$\vec{F}_{st} \leq \vec{F}_j + \vec{F}_{el} . \tag{1}$$

where F_{st} – is the force of surface tension of liquid metal;

F_{el} – the electrodynamic force;

F_j – the force of dynamic action of gas jet upon the liquid metal.

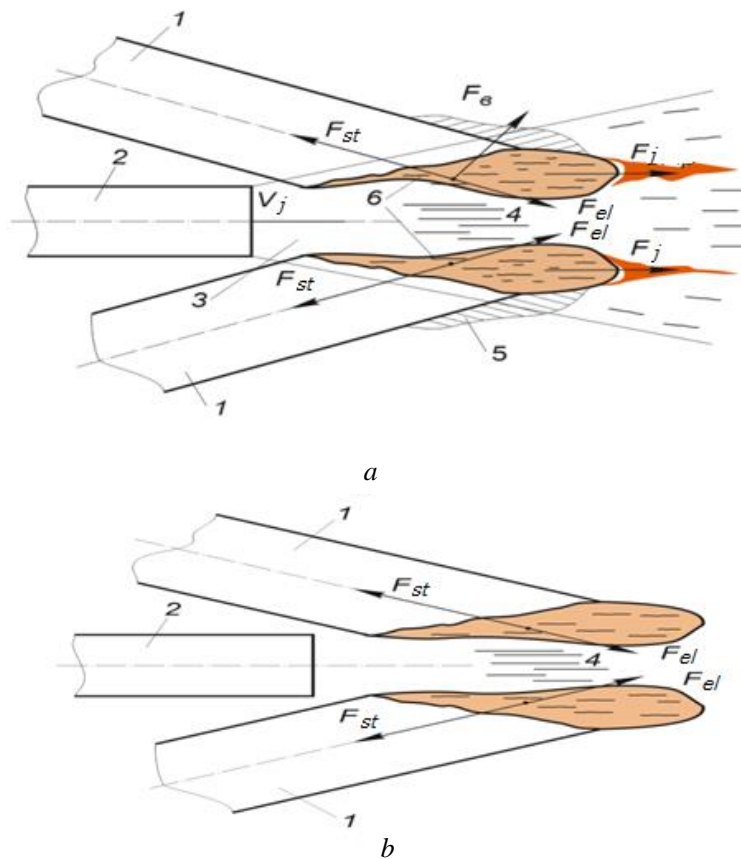


Fig. 1. The diagram of electrodes acting upon the liquid metal at pulsating injection of the spraying flow. a – jet action; b – absence of jet action

1 – sputtered electrodes, 2 – air jet; 3 – spraying air jet; 4 – electric arc; 5 – turbulence (depression) area; 6 – liquid metal on electrodes butts; 7 – interelectrode space; 8 – particles of sputtered metal.

F_{st} – is the surface tension force; F_{el} – the electrodynamic force; F_j – the force of gas jet acting upon the liquid metal; F_e – the force of turbulence (depression) action at electrodes streamlining by the gas jet.

In case of absence of jet action (see Fig. 1b) the following forces action at removal of emerging liquid metal from the surface of electrodes butts takes place:

$$\vec{F}_{st} \leq \vec{F}_{el} . \tag{2}$$

The aggregate correlation of forces, acting upon the liquid metal of electrodes butts at pulsating spraying operation flow [7] is represented by the expression (3):

$$F_p = \vec{F}_{sep.} + \vec{F}_{el.} + \vec{F}_{st} \tag{3}$$

or for the condition with removal of liquid metal from electrodes butts

$$F_p = \vec{F}_{st} - (\vec{F}_{el.} + \vec{F}_{sep.}) \tag{4}$$

Now, let us consider the action of forces upon the liquid metal for the case when the action of the spraying jet at the interval is absent. We shall determine the value of the force of surface tension. According to the data provided by B.E. Paton and P.P. Sheyko [7] the value of the force of surface tension for ball surface of a drop on the electrode's butt can be determined from equation by means (5):

$$F_{st.} = \frac{2G}{R_{cur}} \pi R_{el}^2 \tag{5}$$

where R_{cur} – is the radius of curvature of the surface of the drop, in cm,

R_{el}^2 – the electrode radius, cm

G – the value of surface tension, cm

The value of surface tension G is reduced nearly linearly with the temperature, turning into zero at the critical temperature and can be determined according to Etvesh's formula. According to the data provided in the work [7] with regard to the electromagnetic system, formed by electrode stick-out distance and the arc column:

$$F_{st.} = 2,1 \frac{(T_{cr} - T)}{(\mu \cdot \frac{1}{\gamma})^{2/3}}, \tag{6}$$

where T_{cr} – is metal critical temperature, °K (is determined by Humberg's collapse $T_{cr} = 32T_{kin}$)

T – metal temperature at a particular time instant, °K

γ – metal specific gravity g/cm³

μ – metal molecular weight.

Taking into account the main regularities of electrodes melting at electric-arc welding and arc metallization and also the results, obtained by the authors in [5,6], it is possible to maintain that the liquid metal at electrodes melting is formed due to arc's power parameters and it moves, under the action of forces towards the electrodes butts with subsequent sputtering by the gas jet. The photographs of electrodes butts, pictured in Figure 2 at a momentary stoppage of the electric arc action allow us to maintain that the liquid on the electrodes butts possesses the shape close to semi-ellipsoid.

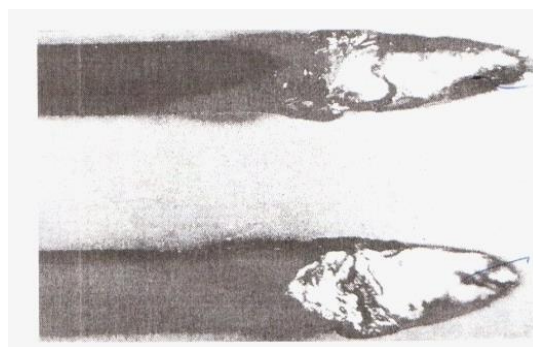


Fig. 2. The character of electrodes butts meltback at arc metallization with solid wire C6-08Г2С, 2 mm in diameter;

1 – liquid metal on electrode butt – the anode; 2 – liquid metal on electrode butt –the cathode

With due regard to the described above an analytical electromagnetic model with steel electrode and electric arc is proposed in Figure 3.

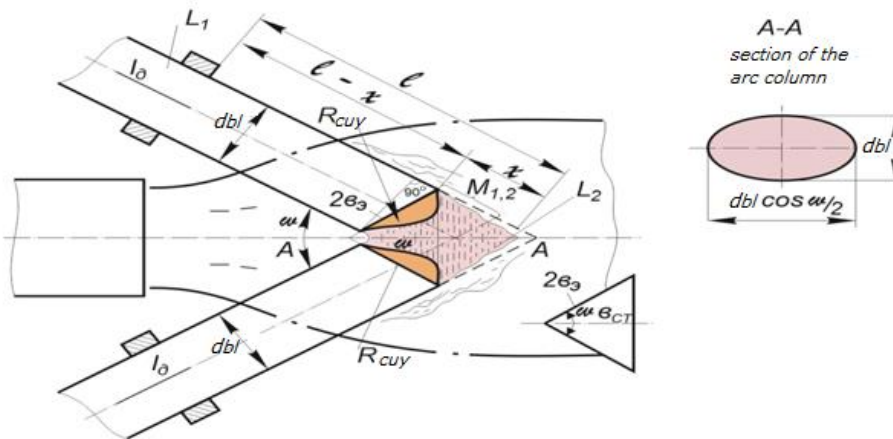


Fig. 3. Electromagnetic analytical model, formed by electrodes and the arc column.

I_{ce} – is the welding current, L_1, L_2 – self-inductances, $M_{1,2}$ – mutual inductance d_{el} – electrode's diameter, d_{cm} – arc column diameter, θ_{cm} – the bigger half-axis of the arc column, R_{cuy} – radius of the electrode's butt curvature, l – electrode stick-out distance, x – arc length. .

On the basis of measuring of the parameters of electrodes butts after a momentary stoppage of spraying and the analysis of the films of rapid shooting it was found that the value of θ could vary within the limits of $\theta \approx d_{bl} \dots 2d_{bl}$, see the diagram in Figure 4.

The value of the half-axis of semi-ellipsoid is variable and depends upon the rate of electrode's melting and the electrode's material [7].

The value of the surface tension force, acting upon the liquid metal on the butt of the electrode at electric-arc metallization is determined from the expression below, with regard to [5 and 6]

$$F_{st.} = \frac{4,2 \cdot (T_{cr} - T) \cdot F_{sec}}{(\mu \cdot \frac{1}{\gamma})^{2/3} \cdot R_{cur}} \quad (7)$$

where F_{sec} – is the area of the front section of electrode melting with the shape of an ellipse with axes parameters

$$a = \frac{d_{el}}{2} \quad \theta = \frac{d_{el}}{2 \sin \varpi} \quad (\text{Figure 4}) \quad (8),$$

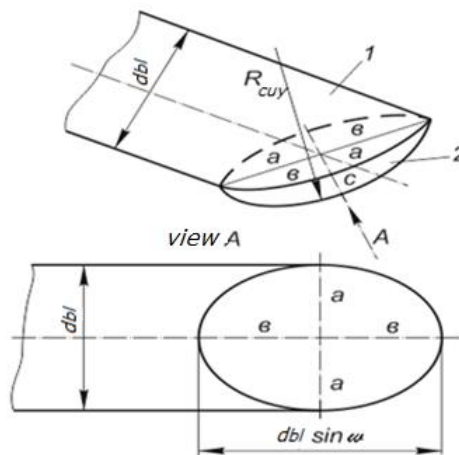


Fig. 4. An analytical model of the butt of a solid electrode for evaluation of m_{tiqm}
 1 – is the electrode, 2 – the liquid metal on the butt of the electrode, a, θ – axes of the semi-ellipsoid.

then

$$F_{sec} = \pi a \theta = \frac{\pi d_{el}^2}{4 \sin \varpi} \quad (9)$$

or we may finally write that:

$$F_{st.} = \frac{2,1 \cdot \pi \cdot d_{el}^2 \cdot (T_{cr} - T)}{2 \cdot (\mu \cdot \frac{1}{\gamma})^{2/3} \cdot \sin \varpi \cdot R_{cur}} \quad (10)$$

For determination of the value of electrodynamic force which compresses the electrode and tries to separate the molten metal from it the method is applied, its essence being the following [7]: electrode's stick out distance and the arc are considered to be two conductors with I_{arc} , current forming the system, its magnetic energy is equal to:

$$W_m = \frac{\alpha I_{arc}^2}{2}, \quad (11)$$

where $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + 2M_{1,2}$ – general inductivity of the system (see Figure 4).

The electrodynamic force, tending to alter the mutual location of two conductors can be determined by changes in the energy of the magnetic system:

$$F_{el} = \frac{\partial W_m}{\partial x} = \frac{\mu_0 \cdot I_{arc}^2}{4 \cdot \pi} \ln \frac{R_j}{R_{el}} \quad (12)$$

where μ_0 – being the absolute magnetic air permeability;

R – the radius of the arc column.

It is obvious from the equation (12) that the electrodynamic force is in square dependence upon the arc current and is raised along with the increase of the diameter of its column and the decrease of the electrode's diameter. In [8] an expression for determination of the value of the electrodynamic force was proposed, which largely corresponds to the applied analytical model:

$$F_{el} = AI_{arc}^2 (1 + 4,6 \cdot \lg \frac{r_j^2}{r_{el}^2}) = AI_{arc}^2 (1 + 2,3 \cdot \lg \frac{i_{el}}{i_j}) \quad (13)$$

where A – is the coefficient, equal to $0.005 \text{ din} / \text{A}^2$, according to the data, provided in [10]

I_{arc} – the value of the arc current, A

r_j – the radius of the arc column, cm

r_{el} – the radius of the electrode, cm

i_j – current density of the arc column, A/cm²

i_{el} – current density on the electrode, A/cm²

With regard to the analytical model, represented in Figure 4 for a solid electrode at arc metallization, for P_{el} we may write down through current densities:

$$F_{el} = AI_{arc}^2 (1 + 2,3 \cdot \lg \frac{i_{el}}{i_j}) \quad (14)$$

For solid electrodes the current density, according to the data provided in [8] will be determined through r_{el}

$$i_{el} = \frac{I_{arc}}{\pi r^2} \quad (15)$$

The current density of the arc column will be determined on the basis of the model, Figure 4, according to A view we assume the arc column possesses the shape of an ellipse, with the bigger axle

equal to $2b_{pol} = 2b_{el} \cdot \cos \frac{\varpi}{2}$ and the smaller one equal to $2a = d_{el}$, thus, we have

$$b_{pol} = \frac{d_{el}}{2 \sin \varpi} \cdot \cos \frac{\varpi}{2}$$

Now we determine $F_j = \pi a b_j = \frac{\pi d_{el}}{2} \cdot b \cdot \cos \frac{\varpi}{2} = \frac{\pi r_{el}^2}{\sin \varpi} \cos \frac{\varpi}{2}$

The current density in the arc column, with regard to the obtained expressions will be equal to:

$$i_{pol} = \frac{I_{arc} \sin \varpi}{\pi r_{el}^2 \cos \frac{\varpi}{2}} = \frac{2I_{arc} \sin \frac{\varpi}{2}}{\pi r_{el}^2} \tag{16}$$

By inserting the obtained expressions into the original equation (14) we will finally have for our case:

$$P_{el} = AI_{\delta}^2 \left(1 + 2,3 \cdot \lg \frac{1}{2 \sin \frac{\varpi}{2}}\right) \tag{17}$$

I.e. we will get the equation for determination of the value of P_{el} .

On the other hand, by assuming that on the butt of the electrode (at the first stage) the liquid metal has the shape of semi-ellipsoid, its maximal volume being equal to [9], Figure 4:

$$V_{0,5el} = \frac{2}{3} \pi a b c, \tag{18}$$

where a – is the smaller half-axle of ellipsoid $a = \frac{d_{el}}{2} = r_{el}$

b – the bigger half-axle of ellipsoid $b = \frac{d_{el}}{2 \sin \varpi}$

Applying the obtained expressions we can determine the value of half-axes of the semi-ellipsoid of the liquid metal on the butt of the electrode b and c by means of thermalphysic melting indices and parameters of the sputtering mod, as the half-axle a is a constant value, equal to a half of the electrode’s diameter. Let us, now, establish the dependence:

$$b = f(T_b, T_{liqm}, I_{arc}, \gamma, M, \varpi) \cdot u \cdot c = f(v_{el}, f, \varpi)$$

For the case with the biggest quantity of liquid metal on the electrode’s butt, preceding separation by means of P_{el} it is possible to write down:

$$P_{st} \leq P_{el} \tag{19}$$

By inserting the value from equations (10) and (18) we will have:

$$\frac{4,2 \cdot (T_{cr} - T) \pi \cdot a b}{\left(\mu \cdot \frac{1}{\gamma}\right)^{2/3} \cdot R_{cur}} \leq AI_{arc}^2 \left(1 + 2,3 \cdot \lg \frac{1}{2 \sin \frac{\varpi}{2}}\right) \tag{20}$$

Having expressed $T_{cr} = \frac{3}{2} T_b$ we will obtain that b – the bigger half-axle of the ellipsoid will be determined from the equation:

$$b = \frac{AI_{arc}^2 \left(1 + 2,3 \cdot \lg \frac{1}{2 \sin \frac{\varpi}{2}}\right) \left(\mu \cdot \frac{1}{\gamma}\right)^{2/3} \cdot R_{cur}}{2,1 \cdot \pi \cdot d_{el} \cdot (1,5 \cdot T_b - T)} \tag{21}$$

c – is the second small half-axle of the ellipsoid.

The value of c – can be determined as the thickness of the liquid layer at the discharge (pushing out) of the liquid metal from the electrode’s butt. According to the data, provided in [9] the thickness of the liquid layer on the electrode’s butt can be determined from this equation:

$$l = \frac{V_{el}}{f}, \tag{22}$$

where V_{el} – is the arte of feeding of dispersed electrodes, cm/sec;

f – the frequency of liquid metal discharging (determined according to oscillograms or shooting data). The discharging frequency can be taken with regard to the data, provided in [17], the discharging time at being equal to $t_{dis} = 5,73 \cdot 10^{-4}$ sec, then $f = \frac{1}{5,73} 10^4 = 0,174 \cdot 10^4 = 1740$ rev/sec.

l value can fluctuate within the limits: $0 < l < c$

For evaluation of c we have:

$$c = l = \frac{v_{el}}{f} \quad (23)$$

By inserting the obtained expressions into the original equation (18) we'll get, with due regard to the fact that the liquid metal on the electrode's butt acquires the shape of a semi-ellipsoid ($V_{0,5el}$)

$$v_{0,5el} = \frac{v_{el} A I_{arc}^2 (1 + 2,3 \cdot \lg \frac{1}{2 \sin \frac{\varpi}{2}}) (\mu \cdot \frac{1}{\gamma})^{2/3} \cdot R_{cur}}{6,3 \cdot f (1,5 \cdot T_b - T)} \quad (24)$$

The mass of the liquid metal pushed out upon the electrode's butt will be equal to (assuming that $m = v \cdot \gamma$) for a solid electrode

$$m_{liqm} = \frac{A I_{arc}^2 v_{el} \gamma (1 + 2,3 \cdot \lg \frac{1}{2 \sin \frac{\varpi}{2}}) (\mu \cdot \frac{1}{\gamma})^{2/3} \cdot R_{cur}}{6,3 \cdot f (1,5 \cdot T_b - T_{liqm})} \quad (25)$$

In the expression above the values represent physical characteristics of the electrode or parameters of the sputtering mode. The value T_{liqm} can be found in literature [7, 8].

It is not difficult to see that $R_{cur.} = f(\varpi, \beta, c, d_{el})$, i.e. it depends upon the value of the liquid layer of the angle between the sputtered electrodes and the diameter of the sputtered electrodes, with regard to [7].

Applying the diagram pictured in Figure 4 we can determine:

$$R_{cur} = \frac{v_{el}}{2f \sin^2(\arctg \frac{2v_{el} \sin \varpi}{fd_{el}})} \quad (26)$$

Thus, we have received the equation that enable us to determine the radius of the curvature of liquid metal, depending upon the rate of electrodes feed, their diameter and the angle between them.

It follows from the data, contained in formula 26 that with growth of the angle between the electrodes – ϖ – the value of the curvature radius decreases, it leading to an increase in the thickness of the liquid layer upon the butt, a similar influence has acceleration of the rate of electrode feeding as acceleration of the feeding rate, as a rule leads to an increase in mass of the molten electrode metal as well as in the thickness of the liquid layer.

An increase in the frequency of spills and in electrodes diameter leads to growth of the curvature radius of the surface of the liquid metal on the electrodes butts, it, probably, being connected with a decrease in the thickness of the liquid layer. The performed investigations showed that the obtained equation reflected actual conditions of electrodes melting and could be applied for calculations. By inserting the received value of R_{cuy} from (26) into the original equation (25) and after rearranging it we will have:

$$m_{liqm} = \frac{A I_{arc}^2 v_{el} \gamma (1 + 2,3 \cdot \lg \frac{1}{2 \sin \frac{\varpi}{2}}) (\mu \cdot \frac{1}{\gamma})^{2/3} \cdot R_{cur}}{12,6 \cdot f^2 (1,5 \cdot T_b - T_{liqm}) \sin^2(\arctg \frac{2v_{el} \sin \varpi}{fd_s})} \quad (27)$$

where A – is a coefficient, equal to $0.005 \text{ din} / \text{A}^2$ (the data obtained from [10]);

I_{arc} – the value of arc current, A;

γ – the density of electrode metal, g/cm^3 (for Fe= $7,6 \text{ g/cm}^3$);

ϖ – the angle between the sputtered electrodes, $\varpi = 30^\circ$;

f – the spills frequency, assumed to be, $f = 1,100$ sp/sec, $t_{dis} = \frac{1}{1100} = 9 \cdot 10^{-4}$ sec.(Al) or

according to the data, provided in [17] $t_{co} = 5,73 \cdot 10^{-4}$ sec (for steel), $f = 1740$ sp./sec;

μ – intensity (26.9)

T_b – boiling temperature (-2,550⁰K, Al – 1000⁰K)

T_{liqm} – liquid metal temperature (for Fe – 1,535⁰C)

v_{el} – electrode feeding rate, cm/sec (the main rate 5 cm/sec)

The obtained expression can be applied for determination of the mass of metal, accumulating on the electrode butt at arc melting.

It can be clearly seen from the determined expression (27) for evaluation of the mass of the liquid metal upon the butts of the electrodes that m_{liqm} depends on the parameters of the mode of electric arc sputtering, the liquid metal temperature on the electrodes butts and properties of metal.

The results of calculations and graphical plotting are summarized in the nomogram of dependence of m_{liqm} for electrodes the cathode and the anode upon the parameters of electric arc sputtering, pictured in figure 7. It can be seen in the nomogram that with an increase in arc current the mass of liquid metal on the electrodes butts is increased at the same spillage frequency, it being caused by energy increase, generated in the arc. On the cathode the value of liquid metal is by $\approx 3,5 \cdot 10^{-6}$ kg greater than on the anode for electrodes 2mm in diameter and by $\approx 5 \cdot 10^{-6}$ kg for electrodes 2.5mm in diameter, this is likely to be caused by different temperature level. For optimal current values for electrodes 2mm in diameter ($I_0=200$ A) the value of liquid metal mass on the cathode is $m_{liqm} \approx 16,5 \cdot 10^{-6}$ kg and on the anode $m_{liqm} \approx 13,5 \cdot 10^{-6}$ kg, for electrodes 2.5mm in diameter ($I_{arc} = 250$ A) these values are $m_{liqm} = 31,6 \cdot 10^{-6}$ kg and $m_{liqm} = 28,4 \cdot 10^{-6}$ kg respectively. The level of values of liquid metal mass on the electrodes butts is increased with an increase of the electrode diameter.

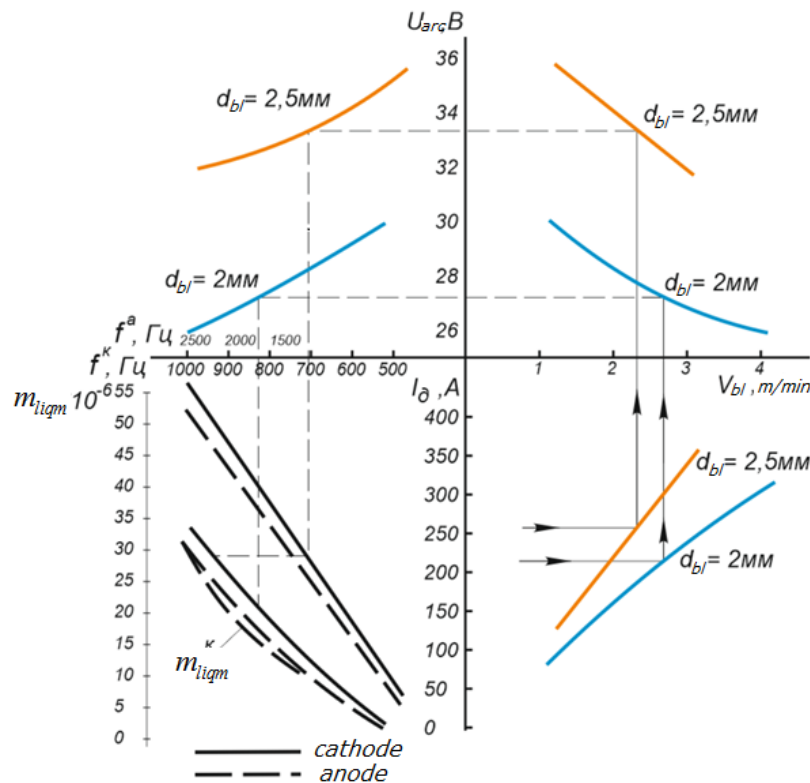


Fig. 5. Nomogram for evaluation of liquid metal mass on the butts of electrodes (anode and cathode) in dependence of the mode parameters of electric arc sputtering, the wire 06X18H9T $d_{bl}=2,0; 2,5$ mm.

The dash-and-dot lines on the nomogram show the values liquid metal mass on the cathode. At the raised current values, when the spillage frequency of liquid metal is increased the value of the mass of liquid metal is less than on the anode at the equal mode parameters and is for electrodes 2mm in diameter $I_{arc}=220\dots320\text{ A}$ $m_{liqm}=15\dots34\cdot 10^{-6}\text{ kg}$.

This investigation does not take into account the influence of the spraying stream upon dispersity of the coating particles. Still, in [11,12,14,15 et al.] works there are expressions, that take into account the influence of the spraying stream upon the dimensions and mass of the sputtered material.

Represented below are the results of investigation of the frequency of pulsations of the spraying flow upon the particles dispersity, with the objective of determining the influence of the frequencies of pulsations of the spraying stream upon the value of particles mass:

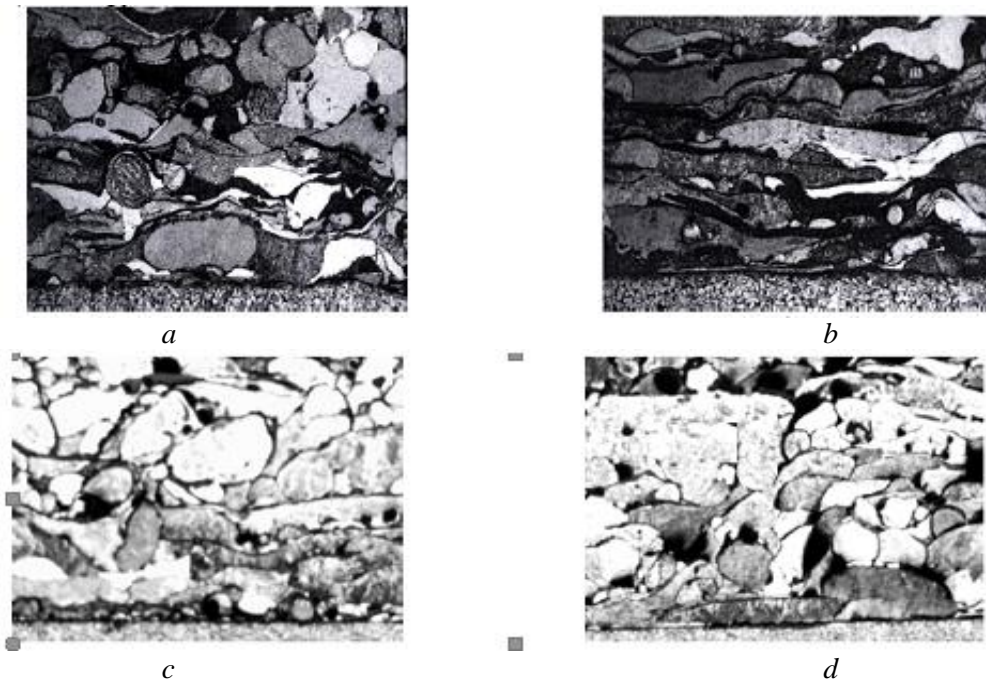


Fig. 6. The microstructure of coatings depending upon the number of pulsations of compressed air, $\times 50$: a – without pulsations, b – pulsations equal to 43 Hz, c – pulsations 65 Hz, d – pulsations 105 Hz (powder wire III-MM-2)

The microstructure of coatings obtained at different frequency of the pulsating air-spraying jet with application of powder wire III – MM – 2 is shown in Figure 6. It can be easily seen in the photographs that the coating microstructure is practically not changed when the number of pulsations is altered. The coating structure is not homogeneous when there are no pulsations in the air-spraying flow and has a lot of particles of different shape. Particles dispersity was also determined using the method, described in [16], by trapping the sprayed material in a vessel with water. The sprayed material was collected, dried and sieved through a set of sieves with different diameter of holes.

We determined the weight of each fraction in the experimental portion of the sprayed material

$$n = \frac{M_{exp}}{M_{fr}} 100\% \quad , \quad (26)$$

where M_{exp} – is the material mass determined on the basis of the results of the experiment, in g

M_{fr} – the mass of fraction particles, g

The experiments were conducted for jet pulsation frequencies 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 Hz. The results of the fractional analysis for 10Г2ФБ steel grade are shown in Figure 7.

The character of changes in fractional particles dimensions at spraying of solid section wires is not essentially changed at approximately equal ratio of fractions n for different frequencies, as energy indices of the material spraying remain unchanged as it was shown earlier.

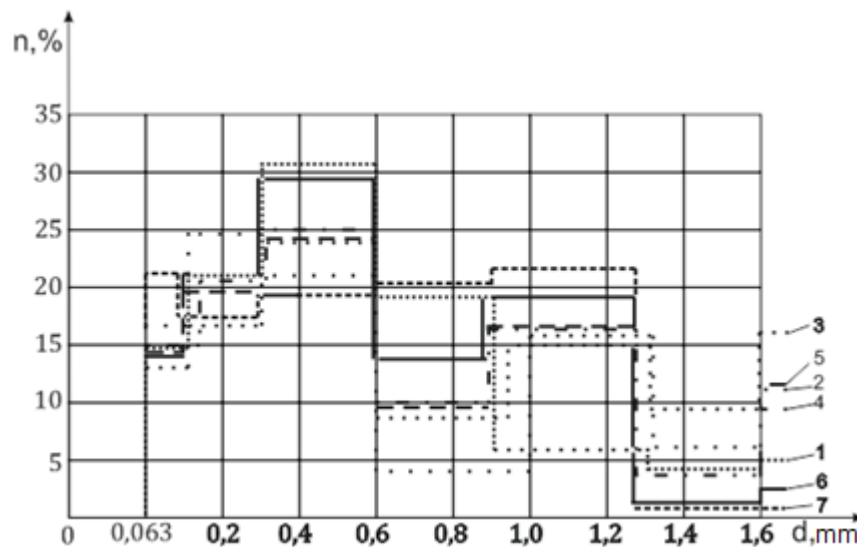


Fig. 7. The character of changes in particles dispersity of particles, depending on the frequency pulsations at EAM with application of a pulsing spraying jet, the sprayed material being $-10\Gamma 2C$

The represented results allow us to arrive at the conclusion that the energy of an electric arc is the factor determining the particles dispersity at electric arc sputtering with a pulsating spraying stream. At collecting of liquid metal on the butts of the sputtered electrodes, when $F_{st} \leq F_{el}$ the liquid metal due to the acting F_{el} is pushed into the sprayed air flow. At low frequencies (20-30 Hz) of air supply an increased collecting of liquid metal is possible in the absence of the flow acting, it leading to growth in particles dimensions or to a short circuit. At medium frequencies (40-60 Hz) the time of formation of liquid metal on the butts of the electrodes coincides with the frequency of impulses of the spraying stream, the dimensions of the particles being optimal, just like at impulse-free spraying. At increased frequencies the flow action apparently takes place when the liquid metal has not been accumulated yet during the pause and its tearing off with an air stream is done at the recurring (repeated several times) action of the spraying stream. At that the value of the mass of liquid metal is determined by the arc energy and no essential influence of the frequency of the pulsating stream upon the particles dispersity is supposed. It also should be taken into account that the level of the energy of the spraying stream is not changed, as the shape and size of the jet of the metallizer, gas temperature and pressure, flow conditions remain constant at pulsating electric arc sputtering.

Conclusions.

1. The method of melting of sprayed material is proposed at pulsating action of the sprayed stream as well as a scheme of electrodes butts action upon the liquid metal with and without air spraying flow.
2. It was found the level of electric arc energy at constant jet parameters and characteristics of gas flow was the critical factor for the coating particles dispersity.
3. Metallographic analysis and the methods of fixation of dispersed particles in a vessel with water allowed us to assert that at sputtering of wires with solid section application of a pulsating stream could not exert any essential influence upon the fractional composition of the sprayed material, as the mass of particles was determined mostly by energy indices of the electric arc.

REFERENCES

1. Роянов В.А., Бобиков В.В. Патент на корисну модель №95050 МПК /2014.01/В23К 9/00 Розпилююча головка для електродугової металізації. Опубл.10.12.2014. Бюл.№23.
2. Роянов В.А. Устройство для электродуговой металлизации с пульсирующим режимом истечения воздушно-распыляющей струи /В.А. Роянов, В.И. Бобиков //Сварочное производство №4, 2015 с.12-15
3. Роянов В.А. Применение пульсирующей распыляющей струи при электродуговой металлизации / В.А. Роянов, В.И. Бобиков // Автоматическая сварка. - 2014. - № 6-7. - С. 128-131. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/as_2014_6-7_27
4. В.А. Роянов, В.И. Бобиков Разработка распыляющей головки для электродуговой металлизации с применением пульсирующей распыляющей струи. //Материалы НТК Сварочное производство в машиностроении, перспективы и развитие. Краматорск, ДГМА, 2010

5. V. Royanov, I. Zakharova, E. Lavrova. Development of properties of spray flow and nature of pressure distribution in electric arc metalization // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/5 (90) 2017, - С.41-49.
6. В.А. Роянов Влияние электродов на свойства распыляющей струи при электродуговой металлизации /В.А. Роянов, Г.А. Мосиенко // Сварочное производство №3,1990 с.6-8
7. Патон Б.Е. Автоматическое управление процессом дугвой сварки плавящимся электродом / Патон Б.Е., Шейко П.П. // Автоматическая сварка. - 1967. - № 1 - С. 3-8.
8. Дятлов В.И. Элементы теории переноса электродного металла при электродуговой сварке //Новые проблемы сварочной техники/ Киев: Техника 1964, с167-182
9. Пискунов П.С. Дифференциальные и интегральные исчисления (для ВУЗов). М: Наука,1965 547с
10. Лесков Г.И. Пути повышения устойчивости высокопроизводительных сварочных дуг / Лесков Г.И., Заруба И.И. // Автоматическая сварка. - 1959. - № 12 - С. 34-42.
11. Митин Б.С. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / Б.С. Митин М.: Машиностроение, 1987. - 791с.
12. Вахалин В.А. Исследование эффективности кпд нагрева электродов и коэффициента использования металла при электродуговой металлизации / В.А. Вахалин, В.В. Кудинов., В.Е. Белашенко. // Физика и химия обработки материалов №5,1981. С.65-67
13. Ерохин А.А. Кинетика Металлургических процессов дуговой сварки М.: Машиностроение, 1964. - 252с.
14. Коробов Ю. С. Кинетика взаимодействия напыляемого металла с кислородом при электродуговой металлизации/Ю.С. Коробов, В.Н. Бороненков / Сварочное производство 2003 - №7 с.30-36
15. Бороненков В.Н., Коробов Ю.С. Основы дуговой металлизации. Физико-химические закономерности. Монография // Издательство Уральского Университета, 2012, 260 стр.
16. Кудинов В.В. О температуре и скорости частиц при плазменном напылении / В.В. Кудинов, Н. Н. Рыкалин, М. Х. Шоршоров // Физика и химия.

PHYSICS AND MATHEMATICS

POWER GEOMETRY IN LOCAL RESOLUTION OF SINGULARITIES OF AN ALGEBRAIC CURVE

Akhmadjon Soleev

Doctor of science, professor Samarkand State University, Uzbekistan,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4921-2349>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062020/7100

ARTICLE INFO

Received: 25 April 2020

Accepted: 10 June 2020

Published: 30 June 2020

KEYWORDS

power geometry, space curve,
singular point, Newton polyhedron,
normal cone, power transformations.

MSC (2010): 14B05, 53A04,
58E07, 58K45, 58K55.

ABSTRACT

The main goal of this work is to provide a consistent set of general-purpose algorithms for analyzing singularities applicable to all types of equations. We present the main ideas and algorithms of power geometry and give an overview of some of its applications. We also present a procedure that allows us to distinguish all branches of a spatial curve near a singular point and calculate the parametric appearance of these branches with any degree of accuracy. For a specific case, we show how this algorithm works.

Citation: Akhmadjon Soleev. (2020) Power Geometry in Local Resolution of Singularities of an Algebraic Curve. *World Science*. 6(58), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30062020/7100

Copyright: © 2020 Akhmadjon Soleev. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Introduction. Many problems in mathematics, physics, biology, economics, and other sciences are reduced to nonlinear equations or systems of such equations. The equations may be algebraic, ordinary differential or partial differential and systems may comprise the equations of one type, but may include equations of different types. The solutions of these equations and systems subdivide into regular and singular ones. Near a regular solution, the implicit function theorem or its analogs are applicable, which gives a description of all neighboring solutions. Near a singular solution, the implicit function theorem is inapplicable, and until recently, there had been no general approach to the analysis of solutions neighboring the singular one. Although different methods of such analysis were suggested for some special problems.

Main Part. We develop a new calculus based on Power Geometry [1, 2, 3, 4]. Here we will consider only to compute local and asymptotic expansions of solutions to nonlinear equations of algebraic classes as well as to systems of such equations. But it can also be extended to other classes of nonlinear equations for such as differential, functional, integral, and integro-differential [7].

Ideas and algorithms are common for all classes of equations. Computation of asymptotic expansions of solutions consists of 3 following steps (we describe them for one equation $f = 0$).

1. Isolation of truncated equations $\hat{f}_j^{(d)} = 0$ by means of generalized faces of the convex polyhedron $\Gamma(f)$, which is a generalization of the Newton polyhedron. The first term of the expansion of a solution to the initial equation $f = 0$ is a solution to the corresponding truncated equation $\hat{f}_j^{(d)} = 0$.

2. Finding solutions to a truncated equation $\hat{f}_j^{(d)} = 0$, which is quasi homogenous. Using power and logarithmic transformations of coordinates we can reduce the equation $\hat{f}_j^{(d)} = 0$ to such a

simple form that can be solved. Among the solutions found we must select appropriate ones that give the first terms of asymptotic expansions.

3. Computation of the tail of the asymptotic expansion. Each term in the expansion is a solution of a linear equation that can be written down and solved.

Elements of plane Power Geometry were proposed by Newton for algebraic equations (1670). Space Power Geometry for a nonlinear autonomous system of ODEs was proposed by Bruno (1962) [1]. Thus, now it is exactly 50 years for the Newton polyhedron.

It is clear that this calculus cannot be mastered during this paper. We will try to summarize our ideas and in the next paper, we will consider this problem and give algorithms for nonlinear systems of algebraic equations.

Algebraic equations [2, 3].

In this paper, we consider a polynomial depending on three variables near its singular point where the polynomial vanishes with all its first partial derivatives. We propose a method of computation of asymptotic expansions of all branches of the set of roots of the polynomial near the mentioned singular point. Now there are three types of expansions. The method of computation is based on space Power Geometry. All examples are for polynomials in two variables.

Let $\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3) \in \mathbb{R}^3$ or \mathbb{C}^3 and $f(\mathbf{X})$ be a polynomial. \mathbf{X}^0 is called to be singular for the set $\mathcal{F} = \{\mathbf{X} : f(\mathbf{X}) = 0\}$ if all the partial derivatives of the first order of the polynomial f vanish at the point \mathbf{X}^0 and $f(\mathbf{X}^0) = 0$.

Consider the following problem. Near the singular point \mathbf{X}^0 for each branch of the set \mathcal{F} , find a parameter expansion of one of the following three types [6].

Type 1

$$x_1 = \sum_{k=1}^{\infty} b_k v^k, \quad x_2 = \sum_{k=1}^{\infty} c_k v^k, \quad x_3 = \sum_{k=1}^{\infty} d_k v^k,$$

where b_k, c_k, d_k are constants.

Type 2

$$x_1 = \sum b_{pq} u^p v^q, \quad x_2 = \sum c_{pq} u^p v^q, \quad x_3 = \sum d_{pq} u^p v^q,$$

where b_{pq}, c_{pq}, d_{pq} are constants and integer points (p, q) are in a sector with the angle less than π .

Type 3

$$x_1 = \sum_{k=0}^{\infty} \beta_k(u) v^k, \quad x_2 = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma_k(u) v^k, \quad x_3 = \sum_{k=0}^{\infty} \delta_k(u) v^k,$$

where $\beta_k(u), \gamma_k(u), \delta_k(u)$ are rational functions of u and $\sqrt{\psi(u)}$, and $\psi(u)$ is a polynomial in u .

Objects and algorithms of Power Geometry.

Let a finite sum be given (for example, a polynomial)

$$f(\mathbf{X}) = \sum f_Q \mathbf{X}^Q \text{ over } Q \in S, \tag{4.1}$$

where $\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3) \in \mathbb{R}^3$, $Q = (q_1, q_2, q_3) \in \mathbb{R}^3$ and $\mathbf{X}^Q = x_1^{q_1} x_2^{q_2} x_3^{q_3}$, $f_Q = \text{const} \in \mathbb{R}$.

To each of the summand of f the sum (4.1), we assign it vector power exponent Q , and to the whole sum (4.1), we assign the set of all vector power exponents of its terms, which is called the support of the sum (4.1) or of the polynomial $f(\mathbf{X})$, and it is denoted by $S(f)$. The convex hull of the support $S(f)$ is called the Newton polyhedron of the sum $f(\mathbf{X})$ and it is denoted by $\Gamma(f)$.

The boundary $\partial\Gamma$ of the polyhedron $\Gamma(f)$ consists of generalized faces $\Gamma_j^{(d)}$ of various dimensions $d = 0, 1, 2$. Here j is the number of a face. To each generalized face $\Gamma_j^{(d)}$, we assign the truncated sum $\hat{f}_j^{(d)}(\mathbf{X}) = \sum f_Q \mathbf{X}^Q \text{ over } Q \in \Gamma_j^{(d)} \cap S(f)$.

Example 1. We consider the polynomial $f(x, y) = x^5 + y^5 - xy^2$. Support $S(f)$ consists from points $Q_1=(5,0)$, $Q_2=(0,5)$, $Q_3=(1,2)$.

The Newton polygon $\Gamma(f)$ is the triangle $Q_1 Q_2 Q_3$ (figure 1). Edges and corresponding truncated polynomials are

$$\Gamma_1^{(1)} : \hat{f}_1^{(1)} = x^5 - xy^2, \quad \Gamma_2^{(1)} : \hat{f}_2^{(1)} = y^5 - xy^2, \quad \Gamma_3^{(1)} : \hat{f}_3^{(1)} = x^5 + y^5,$$

Let \mathbb{R}_*^3 be a space dual to space \mathbb{R}^3 and $S = (s_1, s_2, s_3)$ be points of this dual space. The scalar product

$$\langle Q, S \rangle = q_1s_1 + q_2s_2 + q_3s_3 \tag{4.2}$$

is defined for the points $Q \in \mathbb{R}^3$ and $S \in \mathbb{R}_*^3$. Specifically, the normal external N_k to the generalized face $\Gamma_k^{(d)}$ is a point in \mathbb{R}_*^3 .

The scalar product $\langle Q, N_k \rangle$ reaches the maximum value at the points $Q \in \Gamma_k^{(d)} \cap S$, i.e., at the points of the generalized face $\Gamma_k^{(d)}$. Moreover, set of all points $S \in \mathbb{R}_*^3$, at which the scalar product (4.2) reaches the maximum over $Q \in \mathcal{S}(f)$ exactly at points $Q \in \Gamma_k^{(d)}$, is called the *normal cone* of the generalized face $\Gamma_k^{(d)}$ and is denoted by $U_k^{(d)}$.

Example 2: (cont. of Example 1). For faces $\Gamma_k^{(d)}$ of the Newton polygon $\Gamma(f)$ of Figure 1, normal cones are shown in Figure 2.

For edge $\Gamma_j^{(1)}$ $j = 1, 2, 3$ normal cone $U_j^{(1)}$ is a ray orthogonal to its edge. For vertex $\Gamma_j^{(0)} = Q_j = R_j, j = 1, 2, 3$ normal cone is open sector between rays orthogonal to edges $\Gamma_j^{(1)}$ adjacent to vertex R_j .

Theorem 1. *If for $t \rightarrow \infty$ the curve*

$$x_1 = bt^{s_1}(1 + (0)), x_2 = ct^{s_2}(1 + (0)), x_3 = dt^{s_3}(1 + (0)) \tag{4.3}$$

where b, c, d and s_i are constants, belongs to the set Ω , and the vector $S = (s_1, s_2, s_3) \in U_k^{(d)}$, then the first approximation $x_1 = bt^{s_1}, x_2 = ct^{s_2}, x_3 = dt^{s_3}$ of the curve (4.3) satisfies the truncated equation $\hat{f}_k^{(d)}(X) = 0$.

See the proof of the theorem in the paper [2, 3].

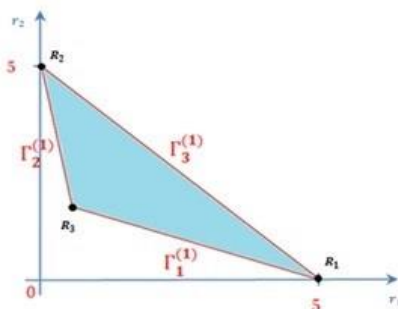


Fig. 1

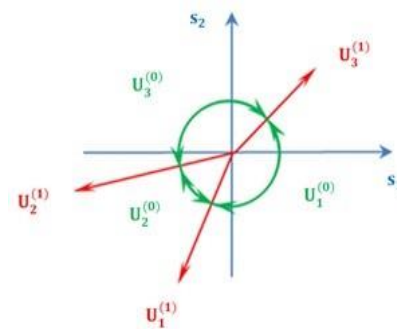


Fig. 2

The truncated sum $\hat{f}_j^{(0)}$ corresponding to the vertex $\Gamma_j^{(0)}$ is a monomial. Such truncations are of no interest and will not be considered. We will consider truncated sums corresponding to edges $\Gamma_j^{(1)}$ and faces $\Gamma_j^{(2)}$ only.

Power transformations have the form

$$\log X = \alpha \log Y, \tag{4.4}$$

where $\log X = (\log x_1, \log x_2, \log x_3)^T$, $\log Y = (\log y_1, \log y_2, \log y_3)^T$, α is a nondegenerate square 3×3 matrix (α_{ij}) with rational elements α_{ij} (they are often integer).

The monomial X^Q is transformed to the monomial Y^{Q_1} by the power transformation (4.4), where $Q_1^T = \alpha^T Q^T$. Power transformations and multiplications of a polynomial by monomial generate the affine geometry in space \mathbb{R}^3 of vector power exponents of polynomial monomials. The matrix α with integer elements and $\det \alpha = \pm 1$ is called unimodular.

Theorem 2. *For the face $\Gamma_j^{(d)}$, there exists a power transformation (4.4) with a unimodular matrix α which transforms the truncated sum $\hat{f}_j^{(d)}(X)$ into the sum in d coordinates, i.e. $\hat{f}_j^{(d)}(X) = Y^{Q'} h(Y)$, where $h(Y) = h(y_1)$ if $d = 0$, $h(Y) = h(y_2y_3)$ if $d = 2$. Here $Q' = (q'_1, q'_2, q'_3) \in \mathbb{R}^3$ and other coordinates y_2, y_3 for $d = 1$, for $d = 2$ are small. For the polynomial $\hat{f}_j^{(d)}(X)$ the sum $h(Y)$ is also polynomial.*

The proof of this theorem is similar to the proof of theorem 3 in the paper [2].

The *cone of the problem K* is a set of such vectors $S = (s_1, s_2, s_3) \in \mathbb{R}_*^3$ that curves of the form (4.3) fill the part of the space (x_1, x_2, x_3) , which must be studied. So, our initial problem corresponds

to the cone of the problem $K = \{S = (s_1, s_2, s_3): S < 0\}$ in \mathbb{R}_*^3 , because $x_1, x_2, x_3 \rightarrow 0$. If $x_1 \rightarrow \infty$ then $s_1 > 0$ in the cone of the problem K .

Example 3. For variables x, y near origin $x = y = \mathbf{0}$ cone of the problem is the quadrant III: $\{K_3 = s_1 s_2 > 0\}$. In Figure 2 some cones of the problem K_i intersects several normal cones $U_j^{(2)}$. E.g. K_3 intersects $U_1^{(1)}, U_2^{(1)}$ and $U_1^{(0)}, U_2^{(0)}, U_3^{(0)}$. K_1 intersects $U_3^{(1)}, U_1^{(0)}, U_2^{(0)}$.

Let's give a step-by-step algorithm for solving the problem.

1. We compute the support $S(f)$, the Newton polyhedron $\Gamma(f)$, its two-dimensional faces $\Gamma_j^{(2)}$ and their external normal N_j . Using normal N_j we compute the normal cones U_k^1 to edges $\Gamma_k^{(1)}$.

2. We select all the edges $\Gamma_k^{(1)}$ and faces $\Gamma_j^{(2)}$, which normal cones intersect the cone of the problem K . It is enough to select all the faces $\Gamma_j^{(2)}$, which external normal N_j intersect the cone of the problem K , and then add all the edges $\Gamma_k^{(1)}$ of these faces

a) For each of the selected edge $\Gamma_k^{(1)}$, we fulfill a power transformation $X \rightarrow Y$ of Theorem 2 and we get the truncated equation in a form $h(y_1) = 0$.

b) We find its roots. Let y_1^0 be one of its roots.

c) We fulfill the power transformation $X \rightarrow Y$ in the whole polynomial $f(X)$ and we get the polynomial $f_1(Y)$.

d) We make the shift $z_1 = y_1 - y_1^0, z_2 = y_2, z_3 = y_3$ in the polynomial $f_1(Y)$ and get the polynomial $f_2(Z)$.

3. If y_1^0 is a simple root of the equation $h(y_1) = \mathbf{0}$ then, according to Implicit Function Theorem, it corresponds to an expansion of the form $y_2 = \sum a_{pq} y_1^p y_3^q$ where a_{pq} are constants. It gives an expansion of type 2 in coordinates Y .

4. For each of the selected face $\Gamma_k^{(1)}$, we fulfill a power transformation $X \rightarrow Y$ of Theorem 2 and we get a truncated equation in the form $\hat{h}(y_1, y_2) = \mathbf{0}$. We factorize $\hat{h}(y_1, y_2) = \mathbf{0}$ into prime factors. Let $\tilde{h}(y_1, y_2) = \mathbf{0}$ be one of such factors and its algebraic curve has genus ρ .

5. If $\rho = 0$ then there exists birational uniformization $y_1 = \xi(z_2), y_2 = \eta(z_2)$ of this curve. We change variables $y_1 = \xi(z_2) + z_1, y_2 = \eta(z_2)$ and then h is divided by z_1 . We change variables in the whole polynomial $f(X)$ and get the polynomial $f_2(Z) \stackrel{\text{def}}{=} f_1(Y) = f(X)$

If $\tilde{h}(y_1, y_2)$ is a simple factor of $h(y_1, y_2)$ then roots of the polynomial $f_2(Z)$ are expanded into series of the form

$$z_1 = \sum_{k=1}^{\infty} a_k(z_2) z_3^k \tag{4.5}$$

where $a_k(z_2)$ are rational functions of z_2 . It gives an expansion of type 3 in original coordinates X .

If $\tilde{h}(y_1, y_2)$ is a multiple factor of $h(y_1, y_2)$ then we compute the Newton polyhedron of the polynomial $f_2(Z)$, compute the cone of problem $K_2 = \{S: s_2, s_3 < 0\}$ and continue computations.

6. If $\rho = 1$ (elliptic curve), there exists the birational change of variables $y_1, y_2 \rightarrow z_1, z_2$, transforming $\tilde{h}(y_1, y_2) = \mathbf{0}$ into the normal form $z_1^2 - \psi(z_2)$, where ψ is a polynomial of order 3 or 4.

If $\rho > 1$, we distinguish hyper-elliptic and non hyper-elliptic curves. The hyper-elliptic curve is birationally equivalent $y_1, y_2 \rightarrow z_1, z_2$ to its normal form $z_1^2 - \psi(z_2)$, where ψ is a polynomial of order $2\rho + 1$ or $2\rho + 2$.

If factor \tilde{h} of h is simple we get expansions of solutions of equation $f_2(Z) = 0$ into series (4.5), where a_k are rational functions of z_2 and $\sqrt{\psi(z_2)}$. We get the expansion of type 3 in original coordinates X .

If $\tilde{h}(y_1, y_2)$ is a multiple factor of $h(y_1, y_2)$ then we continue computation for $f_2(Z)$ as above.

In this procedure, we distinguish two cases:

1. Truncated polynomial contains a linear part of one of the variables. The generalization of the Implicit Function Theorem is applicable and it is possible to compute parametric expansion of a set of roots of a full polynomial.

2. Truncated polynomial does not contain a linear part of any variable. Then the Newton polyhedron for a full polynomial must be built and we must consider new truncated polynomials taking into account the new cone of the problem K .

Example 4 (cont. of Examples 1-3).

1. For edge $\Gamma_1^{(1)}$, we get a truncated equation $x^5 - xy^2 = 0$ i. e. $y = \pm x^2$. It is case 1, and this asymptotic form is continued into power expansion of branch

$$y = \pm x^2 + \sum_{k=2}^{\infty} b_k x^{2k}$$

near the origin $x = y = 0$ (figure 3).

2. For edge $\Gamma_2^{(1)}$, we get a truncated equation $y^5 - xy^2 = 0$ i. e. $y = \pm x^{1/3}$. It is case 1, and these asymptotic forms are continued into power expansion branches

$$y = \pm \sqrt[3]{x} + \sum_{k=2}^{\infty} b_k x^{k/3}$$

near the origin $x = y = 0$ (figure 4).

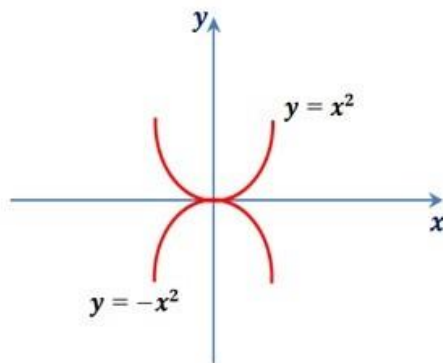


Fig. 3

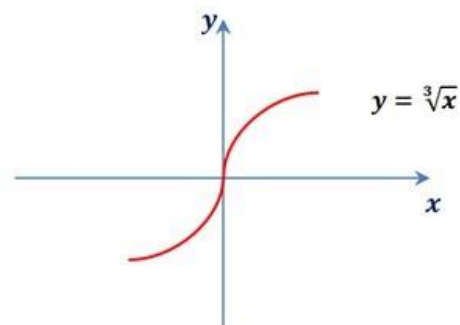


Fig. 4

3. For edge $\Gamma_3^{(1)}$, we get truncated equation $x^3 + y^3 = 0$. It has the simple factor $x + y = 0$, i.e. $y = -x$. It is case 1, and the power expansion at infinity is

$$y = -x + \sum_{k=2}^{\infty} b_k x^{-k}$$

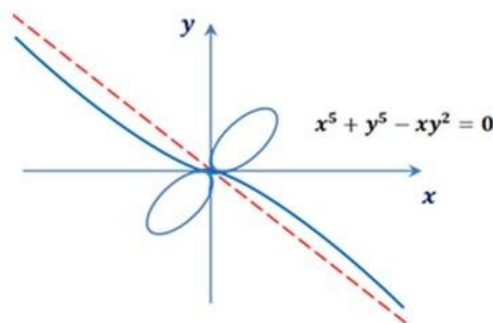


Fig. 5

Figure 5 shows a general view of the equation $f(x, y) = x^5 + y^5 - xy^2$. In the neighborhood of a singular point.

Asymptotic description of a subset of singular points of Ω can be obtained by the same procedure, but we have to select only singular points in each truncated equation. As a result, we obtain expansions of type one.

So we got the following result: If we perform calculations for 1-4 using this procedure, then at each step we find all the roots of the corresponding truncated equations, and find all the curves of the roots of the truncated equations with a positive native elliptic or hyperelliptic, we get a local description of each component of the set Ω adjacent to the starting point \mathbf{X}^0 , in the form of expansions of types 1-3.

REFERENCES

1. A.D. Bruno, *Power Geometry in Algebraic and Differential Equations*, North-Holland Mathematical Library, N, V.57, Elsevier, 2000.
2. A.D. Bruno, A.S. Soleev, *Local uniformization of branches of a space curve and Newton polyhedra*. Algebra and Analiz, 1991. Vol. 3, no. 1. P. 67-102.
3. A.S. Soleev, *Algorithm of local resolution of singularities of a space curve*, LNCS 3718, pp.405-415. Springer-Verlag, 2005.
4. A.S. Soleev, N.A.Soleeva *Power Geometry for Finding Periodic Solutions in One System of ODE*. Malaysian Journal of Mathematical Sciences, No 2, 2014.
5. A.S. Soleev, *Singling out branches of an algebraic curve and Newton polyhedra*, Dokl. Akad. Nauk SSSR 268 (1983), 1305-1307; (R) = Soviet Math Dokl. 27 (1983) (E).
6. A.D. Bruno, A.B. Batkhin *Asymptotic solution of an algebraic equation*, DAN 440:3 (2011) 295-300 (R) = Doklady Mathematics 84:2 (2011) 634639 (E).
7. Soleev A. *Complicated Bifurcations of Periodic Solutions in some System of ODE*. Canadian Mathem. Bulletin. Vol.39(3), 1996.p.360-366.

CHEMISTRY

**HYDROCHEMICAL AND SANITARY
MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF THE ELENA
HILL SPRING WATERS IN THE NAKHUNAO
COMMUNITY OF MARTVILI MUNICIPALITY****Manuchar Chiqovani***Associate Professor at the Department of Chemistry, Faculty of Exact and Natural Sciences, Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8384-7730>***Manoni Gabelashvili***Associate Professor at the Department of Biology, Faculty of Exact and Natural Sciences, Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2694-8863>***Marisabel Zarqua***student, Faculty of Exact and Natural Sciences, Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4095-7902>***Nana Megrelishvili***Associate Professor at the Department of Chemistry, Faculty of Exact and Natural Sciences, Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1380-8650>***DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062020/7101****ARTICLE INFO****Received:** 16 April 2020
Accepted: 11 June 2020
Published: 30 June 2020**KEYWORDS**Hydrochemical,
microbiological,
spring waters,
mineralization,
mesophilic aerobes.**ABSTRACT**

Hydrochemical and sanitary microbiological research of the Elena Hill spring waters in the Nakhunao community of Martvili Municipality was done for the first time.

The content of Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , HCO_3^- , Cl^- , I^- ions was determined. Relatively simple and quick chemical and physico-chemical methods of good repeatability were selected for determination. Biogenic substances were determined by photometric method.

Carbon dioxide, oxygen BOD_5 and dry remains were also identified. Sanitary-microbiological studies were performed using the following methods: mesophilic aerobes and facultative anaerobes: MYK, 2.1.4 1184-03, common coliform bacteria – MYK 4.2. 1018-01 and *Escherichia coli* – 18963-73. Based on the experimental data, it was found that the spring water that being researched is low-mineralized, which is why their reaction is almost neutral. The above-mentioned ionic content in the studied spring waters is within the norm, and in some samples (mesophilic aerobes and facultative anaerobes, common coliform bacteria) are established that microbiological, such a marginal concentration of pollution that is harmless for human health and its use in drinking and agricultural terms is within the norm.

Citation: Manuchar Chiqovani, Manoni Gabelashvili, Marisabel Zarqua, Nana Megrelishvili. (2020) Hydrochemical and Sanitary Microbiological Research of the Elena Hill Spring Waters in the Nakhunao Community of Martvili Municipality. *World Science*. 6(58), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30062020/7101

Copyright: © 2020 Manuchar Chiqovani, Manoni Gabelashvili, Marisabel Zarqua, Nana Megrelishvili. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Introduction. Water is the source of life and it is a building material used by all organisms, water brings the necessary substances into the body and takes out everything unnecessary. Water is a universal solvent. It is of great importance in a person's daily life. It is one of the most important unchangeable resources and invaluable wealth of our planet. It has always been considered as the first source of life. Water is used widely and in many ways. From the day of its origin, man has been influencing the biosphere, using its resources, which has led to some changes in the biosphere. Thus the problem of environmental protection is of vital importance, especially by means of the importance of water. Rational use and protection of water resources is crucial.

Chemically pure water does not exist in nature. While moving in the earth's crust, water touches many minerals, dissolves them, and carries them along the entire path of circulation. Natural water is a solution that contains substances of different nature and condition, so the study of natural waters requires knowledge of the basic properties of the solutions [1].

Martvili district is located in the north-eastern part of western Georgia, in the Odisha lowlands (southern part) and in front side of the Egrisi ridge mountain (central part) and its southern slopes (northern part). It is bordered on the north by Lentekhi, on the east by Khoni and Tsageri, on the south by Abasha, on the west by Senaki and Chkhorotsku districts. The southern part of the Martvili area is occupied by a lowland, which rises from 60 to 170 m from southwest to northeast. The highest point is located at 3003 meters above sea level. To the south-west of the Martvili area lies the Askha Mountain Massif, which is rich with karst caves, waterfalls, mineral deposits and building stones. Lebarde's "Chegola" and the Dviri Mountains are rich with healing mineral waters. The beautiful valleys of the plants on the shore create wonderful relief formations, small river plains and table-lands where excellent gardens are cultivated on the alluvial soils of hundred years. The rivers Tekhuri and Abasha, which originate from the Egrisi ridge, flow onto the territory of the municipality [2].

The village of Nakhunao is mountainous, Elena Hill is 150 meters above sea level. Four pure cold springs flow down from Elena Hill. The places where the springs come out from the ground are 900 meters away from each other.

Calcium and magnesium ions are the leading ions in low-mineralized waters. Magnesium and calcium salts determine the constant and temporary hardness of water. An increase in mineralization leads to a decrease in calcium content which is caused by low solubility of CaCO_3 and CaSO_4 . However, the amount of magnesium and calcium in chloride waters increases because MgCO_3 is well soluble in water, unlike calcium carbonate and sulfate [3]. Calcium content in river waters does not exceed 250 mg / l. Magnesium and calcium content in underground water is much higher [4]. The content of magnesium, calcium and iron in fresh water depends on the type of soil, the season and the time of day or night.

One of the main tasks in the research of water composition is to determine the content of ions, the analysis is based on the specific properties of each ion and determines their concentration. Some ions are highly toxic, and because of their presence, water can be useless for drinking. Ions may not be poisonous, but it may worsen the physical and organoleptic properties of water. For example, iron is not a poisonous substance, so water containing it has no toxic effects. Nevertheless, the presence of iron ions in water is undesirable. If its content exceeds 0.3 mg / l, the water is unsuitable for drinking and household use. Such water has a brownish-brown and metallic taste. When snow and rain water hit the ground, it washes away sand and clay particles, this particles are difficult to be soluble in water and therefore they stay in a floating condition. The presence of floating substances in the water makes it useless for drinking and household use [1].

Important microorganisms in the formation of the chemical composition of water, use mainly organic substances in the water as nutrients and transform them into minerals, Therefore, the sanitary-microbiological research of spring, well and network waters is an interesting thing. As much as underground waters polluted by fecal masses, which are used by humans for various purposes, can cause intestinal infections, damage the urinary tract and genitals, or cause bacteremia, poisoning and much more.

Objective. Our objective was to study hydrochemical and sanitary microbiological research of the Elena Hill spring waters in the Nakhunao community of Martvili Municipality.

Taking into consideration the importance of magnesium, calcium, and iron in leading the vital processes of humans, animals, and plants' organisms, the aim of our study was to research the content of magnesium, calcium, iron, HCO_3^- -is, SO_4^{2-} -is, Cl^- -is, I^- -is, CO_2 , oxygen, BOD_5 and

biogenic elements in the Elena Hill spring waters, in the village of Nakhunao, Martvili district. The actuality of the issue lies in the fact, that the content of the abovementioned ions was analyzed in these waters for the first time, for which highly sensitive methods were selected.

The experimental part. Methodology for determining chemical elements in the water

Analyzes were conducted in Analytical Chemistry Laboratory of Kutaisi Akaki Tsereteli State University. Methods tested in hydrochemical practice have been used for analysis [6].

The acidity index was measured by a potentiometric method (potentiometer *pH* 673-M).

The mercurymetric method was used to determine chlorides (titrant 0,01 $Hg(NO_3)_2$). Indicator diphenyl (carbazole).

Hydrocarbons were determined by the acidimetric method titrant 0.1-0.01 N *HCl* indicator methyl naringerin.

The content of calcium and magnesium, as well as the total hardness of the waters being researched is determined by the complexometric method (Titrant 0.01N Complexon III.). To determine the magnesium ion content, we used an eriochrome black as an indicator, we created the recommended area with an ammoniacal buffer, and we used merexide as an indicator to determine the calcium ion. Alkaline area was created by 2N sodium alkali.

Sulfate ions were determined by the classical gravimetric method, a precipitating form is presented by $BaSO_4$.

Common iron in the waters are determined by photometric method after preliminary rusting in the alkaline area (photometric reagent sulfosalicylic acid) (photoelectrocolorimeter).

Carbon dioxide gas was determined by the alkalimetric method. Titrant 0.1-0.01N *NaOH*. Indicator Phenolphthaleine

We determined the oxidization by the permanganometric method (oxidant 0,01 N $KMnO_4$, acidic area. titrant 0,01 N $H_2C_2O_4$).

Oxygen content and BOD₅ were determined by iodometric method (titrant 0,01 N $Na_2S_2O_3$ in an alkaline environment $Mn(OH)_2$ oxidized by oxygen dissolved in water and transferred to a four-valent manganese compound, which is formed in the presence of excess *KI* in the acidized solution I_2).

The dry residue was determined by the classical gravimetric method.

Iodine ion was determined by the Reznikov method [7] (Titrant 0,01N $Na_2S_2O_3$). Oxidized was accompanied by prepared bromine water.

Biogenic substances were determined by photometric method: NO_2^- membrane reactive, NO_3^- sodium salicylate, NH_3 – Nesler's reagent, PO_4^{3-} – ammonium phosphormolybdate. Sanitary-microbiological research of the studied water were carried out in the laboratory of microbiology of Akaki Tsereteli State University of Kutaisi and the examination laboratory in "Microbiology" Ltd. Mesophilic aerobes and facultative anaerobes, common coliform bacteria, and Escherichia coli have been studied by using modern methods.

Explanation of the experiment. Thus, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} were determined for the first time in Elena Hill spring waters in the Nakhunao community of Martvili Municipality, oxidizability, Oxygen content BOD₅ dry residue biogenic elements and I^- ion by chemical and photometric methods. The results of the analysis are given in Table 1.

The spring waters studied by us are low-mineralized (0.02-0.65 mg / L), so their reaction is almost neutral (5.91-6.28). The ion content is variable.

The largest amount of magnesium ions is found in the northern spring water 0.1000 mg / l. While the least amount is found in the eastern spring water 0.0024 mg / l.

The content of Ca^{2+} ion is variable as well. A relatively large amount was found in the northern spring water 0.0074 mg / l, and its content is small in the western spring water 0,0016 mg/l.

Fe^{3+} ion content is big in the western spring water 0,04 mg/l, and its content is small in the northern spring water 0,02 mg/l.

HCO_3^- ion content is the biggest in the eastern spring water 0,0098 mg/l, the content of hydrocarbon ions is small in the northern spring water 0,0060 mg/l.

SO_4^{2-} ion high concentration is fixed in the eastern spring water 0,0453 mg/l. A small amount of sulfate ions are contained in the northern spring water 0,0206 mg/l.

Eastern spring water contains a relatively large number of chloride ions 0,0064 mg/l. And its content is less in the southern spring water 0,0046 mg/l.

The highest carbon dioxide content is in the northern spring water 0.0118 mg / l. A small amount of carbon dioxide is contained in the southern spring water 0.0053 mg / l.

Water oxidation is relatively high in the western spring water 2.32 mg / L, its small amount is found in the northern spring water 2.16 mg / l.

Oxygen content is high in the western spring water 14.69 mg / l. A relatively small concentration of oxygen is found in the northern spring water 9.79 mg / L.

BOD₅ is 61 mg/l in the eastern spring water, and it is – 8,16 mg/l in the northern spring water.

The dry residue is the highest in the eastern spring water 0.65 mg / l. Its content is the lowest 0.21 mg / l.

The content of biogenic elements NO_2^- , NO_3^- , NH_3 , PO_4^{3-} at the detection margin is smaller. I^- ion content is also variable. I^- is high in the western spring water 4,185 mcg/l. A small amount of iodide ion contains a northern spring water 2,538 mcg / l.

Table 1. Results of hydrochemical analysis of Elena Hill spring waters in village Nakhunao of Martvili region

#	Spring waters	pH	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Common iron	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CO ₂	oxidization	Oxygen content	BOD ₅	Dry residue	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₃	PO ₄ ³⁻	I ⁻
			mg/l															mcg/l
1	East spring water	6,62	0,0024	0,0016	0,03	0,0098	0,0453	0,0064	0,0066	2,24	12,24	10,61	0,65	-	-	-	-	3,1725
2	West spring water	5,91	0,0030	0,0046	0,04	0,0070	0,0247	0,0052	0,0062	2,32	14,69	9,95	0,21	-	-	-	-	4,185
3	North spring water	6,28	0,1000	0,0074	0,02	0,0060	0,0206	0,0054	0,0118	2,16	9,79	8,16	0,33	-	-	-	-	2,538
4	South spring water	6,54	0,0036	0,0068	0,038	0,0082	0,034	0,0046	0,0053	2,26	12,98	10,12	0,47	-	-	-	-	3,496

Results of microbiological analysis are given in table 2.

Table 2. Results of microbiological analysis of Elena Hill spring waters in village Nakhunao of Martvili region

#	Microbiological indicators	unit of measurement	Standard not more than	Result of examination
1	Mesophilic aerobes and facultative anaerobes	Ktse/ml 37°C 22°C	20 100	32 105
2	Common coliform bacteria	300 ml	Not allowed	Was found
3	Escherchia coli	300 ml	Not allowed	Was not found

Conclusions. The ion content in the above-mentioned studied waters is within the norm and its use for drinking and agricultural purposes is acceptable. The main microbiological indicators in the samples of water being researched are within the norm, only in some samples microbiological pollution is established.

REFERENCES

1. U. Bregvadze, M. Natadze, Z. Mamulashvili, Water Chemistry and Microbiology, Tbilisi; 1987. pg.5-15.
2. Georgian Soviet Encyclopedia, 1988.v.7.
3. Беленький С.М., Лаврешкина Г.П., Минеральные воды, Москва, «легкая и пищевая промышленность», 1982, с. 30-34.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии, Москва, Ан СССР, 1953, с. 67-69.
5. Privezentsev I., Hydrochemistry of freshwater reservoirs, Tbilisi, Education1990, pg. 64-65.
6. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. –М.: Химия, 1973. –367 с.
7. Резников А., Муликовская Е., Соколов И. Методы анализа природных вод, М, 1970, стр. 261.
8. Справочник по микробиологическим методом исследования. Под редакцией М. О. Биргера, М. 1982.

PHARMACY

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ НАНОСИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛІКІВ**Брубейкер І. О.**

к.фарм.н., доцент, Кафедра фармацевтичного менеджменту, клінічної фармації, технології ліків, Україна, Київ, ПВНЗ «Київський медичний університет»,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0049-9513>

Білан О. А.

старший викладач, Кафедра фармацевтичного менеджменту, клінічної фармації, технології ліків, Україна, Київ, ПВНЗ «Київський медичний університет»,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-6864>

Марченко-Толста К. С.

асистент, Кафедра фармакології, клінічної фармакології, патофізіології, Україна, Київ, ПВНЗ «Київський медичний університет», ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7744-5874>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062020/7102**ARTICLE INFO****Received:** 10 April 2020**Accepted:** 05 June 2020**Published:** 30 June 2020**KEYWORDS**

nanopharmacy,
nanotechnology,
nanodrugs,
drug delivery systems,
drug targeting,
controlled release.

ABSTRACT

The review investigates the latest developments in the field of application of nanotechnologies in the transportation of therapeutic agents, features and the advantages of using nanoscale drug delivery systems for the treatment of diseases, as well as further prospects of using this field in medicine. Modern drug delivery systems are characterized by target orientation, rapid response to the environment and the use of biocompatible and biodegradable nanomaterials which allow for the development of the next generation of more effective drugs. Interdisciplinary research in this fast-growing field provides opportunities to design and develop multifunctional devices that can accurately target and successfully administer the release and distribution of active ingredients in the body.

Citation: Brubaker I. O., Bilan O. A., Marchenko-Tolsta K. S. (2020) Modern Approaches to Development of Nano-Systems for Drug Delivery. *World Science*. 6(58), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30062020/7102

Copyright: © 2020 Brubaker I. O., Bilan O. A., Marchenko-Tolsta K. S. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. У попередньому огляді [2] ми досліджували останні тенденції в розробці наноліків (*nanodrugs*); в цій статті продовжимо огляд сучасного стану розвитку нанофармації, а саме, напрямок «нанорозмірні системи доставки ліків» (*nanoscale drug delivery systems, nanoDDSs*). Це найбільш популярне застосування нанотехнологій в медицині: на частку *DDSs* припадає 78% продажів і 58% заявок на патенти по всьому світові. Дохід від їх виготовлення та продажу лише в 2019 році перевищив 170 млрд. дол., а в 2020-му, як очікується, виросте ще на 20% [3].

Проектування та синтез ефективних систем доставки лікарських засобів (ЛЗ) мають життєво важливе значення для медицини. Терапевтична успішність ЛЗ багато в чому залежить від здатності діючої речовини потрапити у клітину, для чого їй потрібно здолати в організмі декілька бар'єрів: анатомічні (епітелій, ендотелій, клітинна мембрана), фізико-хімічні та ферментативні. Подолати всі ці бар'єри допомагають «системи доставки ліків».

Доставка – це спосіб управляти наноліками задля досягнення певного терапевтичного ефекту. Від способу транспортування залежать швидкість поглинання, розподілу, метаболізму і кліренсу наноліків, а отже тривалість їх дії та результативність. В сучасних системах наноматеріали використовуються для контрольованого транспортування терапевтичних агентів до цільових об'єктів на системному, локальному (тканини, органи, окремі клітини) та внутрішньоклітинному рівнях (*intracellular delivery*), а також для розробки нових формулярів для потужних біоактивних сполук з несприятливими характеристиками. Інкапсуляція у *nanoDDSs* призводить до глибоких змін в розподілі та виведенні ЛЗ, а також у терапевтичній ефективності (досягнення бажаних ефектів і зменшення масштабу несприятливих наслідків).

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження сучасних тенденцій розвитку розроблених на основі нанотехнологій систем, які використовуються для доставки ліків.

Методи дослідження. Аналіз літератури (першоджерел), порівняльний аналіз різних методичних підходів, контент-аналіз текстів.

Результати дослідження. *NanoDDSs* визначаються як системи доставки ліків з наночастками (НЧ) або двофазними ліками, в яких принаймні один вимір розміру дисперсної фази або часток знаходиться в нанометричному діапазоні [7]. Для розробки *nanoDDSs* використовуються НЧ (як правило <100 нм) синтетичних полімерів, ліпідів або металів, які поглинаються клітинами більш ефективно, ніж макромолекули ліків. Для використання в якості *DDSs* завдяки високому рівню біосумісності та біорозкладаності ідеально підходять НЧ, виготовлені з синтетичних полімерів, таких як полівініловий спирт, *poly-l-lactic acid*, поліетиленгліколь (ПЕГ), *poly(lactic-co-glycolic acid)*, полімер-ліпідні гібридні НЧ, а також природні полімери, такі як альгінат і хітозан [8].

Загалом процес доставки наноліків можна розділити на 3 етапи:

1) введення препарату – неінвазивним (перорально, місцево – трансдермально і трансмукозально, а також інгаляційно) або інвазивним (ін'єкція або введення через наноігли) способом;

2) вивільнення активного інгредієнту (інгредієнтів);

3) транспортування активних інгредієнтів через біологічну мембрану до місця призначення для виконання цільової дії.

Для розробки сучасних *DDSs* необхідні міждисциплінарні дослідження, поєднання розробок у фармації, молекулярній біології та органічній хімії, тому що контрольована доставка ліків поєднує фізичні механізми (розчинення, осмос, дифузію і т. д.) та біохімічні (генна терапія, використання ліпосом, моноклональних антитіл, виготовлення мікроемульсій і т. д.). Під час проектування нових *DDSs* особливу увагу приділяють діагностиці патологічних станів, фармакодинаміці та фармакокінетиці наноліків. Загалом, для організації ефективної доставки важливо розуміти:

– взаємодію наноматеріалів з біологічним середовищем;

– молекулярні механізми клітинної сигналізації, які беруть участь в патофізіології конкретного захворювання;

– механізми функціонування рецепторів на поверхні клітин, на котрі націлюється *nanoDDSs*;

– фармакокінетичні характеристики ЛЗ – особливості процесу вивільнення, розповсюдження та метаболізму діючої речовини/активного інгредієнту, а також стабільність і взаємодію кількох ЛЗ при їх одночасному введенні.

Дослідження в області раціональної доставки діагностичних або лікарських засобів допомагають:

а) визначити точні мішені – клітини та рецептори, що пов'язані з конкретними клінічними умовами (ключовими мішенями є моноклеарні фагоцити, дендритні, ендотеліальні та ракові клітини – пухлини та судин [4]), а також

б) вибрати відповідні наноносії для досягнення необхідних реакцій при мінімізації побічних ефектів.

Нанорозмірні частки мають унікальні структурні, хімічні, механічні, магнітні, електричні та біологічні властивості. Вони забезпечують успішний транспорт ЛЗ за рахунок таких властивостей, як висока несуча здатність, більш висока стабільність в біологічних рідинах, швидке розчинення, висока розчинність в насичених розчинах, стійкість до осідання,

здатність перетинати клітинну мембрану, можливість поглинатися клітинами природним чином через адсорбційний ендцитоз. Ці властивості комплексів з НЧ забезпечують їх більш тривалу циркуляцію, а отже, й потенціал для поліпшення фармакологічного профілю існуючих ЛЗ та можливість застосування нестабільних, високотоксичних та погано розчинних ліків. Так, приєднання до полімерної НЧ діючої речовини дозволяє змінювати її розчинність, гідрофобність і проникність, а отже, й забезпечити доставку до цільової ділянки без деградації в шлунково-кишковому тракті, зниження циркулюючого об'єму та активності.

Для прикріплення молекул діючої речовини до НЧ використовуються такі методи, як капсулювання, нековалентне комплексоутворення та кон'югація з полімерними носіями, тож нанопристрої, що використовуються у *DDSs*, містять інкапсульовані, поглинені, дисперговані або кон'юговані активні інгредієнти. *NanoDDSs* діють за допомогою різних механізмів: солубілізації, таргетування, а також ініційованого вивільнення (*triggered release*).

Отже, наноносії мають ряд переваг у порівнянні із звичайними ЛЗ:

- захищають діючу речовину від деградації до того, як вона досягне цільового призначення;
- поліпшують її всмоктування;
- дозволяють контролювати швидкість вивільнення та розподіл активних інгредієнтів по тканинах;
- запобігають їх взаємодії з неушкодженими клітинами, уникаючи побічних ефектів.

Підвищити ефективність доставки наноліків інколи заважають певні біохімічні обмеження, в першу чергу, неефективна розчинність та низька біодоступність деяких інгредієнтів. Приміром вирішення проблеми підвищення біодоступності гідрофобних ліків при пероральному введенні може слугувати система доставки ліків, що самоемульгується (*self-emulsifying drug delivery system, SEDDS*) – ізотропна суміш природних або синтетичних масел, твердих або рідких поверхнево-активних речовин (ПАР) або одного чи декількох гідрофільних розчинників і співрозчинників/ПАР [5].

Найважливішою характеристикою наноліків є точне націлювання або таргетування (від англ. *targeting*). Націлювання забезпечується за рахунок того, що структура наноносія дозволяє нанолікам зв'язуватися з цільовими рецепторами на клітинній поверхні. Виділяють 2 види таргетування:

- 1) *пасивне* – неспецифічне накопичення в ураженій тканині (як правило, ракової);
- 2) *активне* або *специфічне* – селективний транспорт нанопрепарату тільки до конкретних тканини і/або клітин.

Розглянемо докладніше обидва види таргетування.

– **Пасивна система доставки:** при пасивному націлюванні ЛЗ накопичується у місці запалення, або у пухлині. Ефективність таких *DDSs* прямо залежить від тривалості циркуляції діючої речовини у кровеносній системі. Терапевтичні компоненти (ліки, ферменти, гени, вакцини) приєднуються до НЧ чи наноструктур біогенного (вірусні частки, капсиди) або небіогенного походження, які мають форму контейнера. Нанотехнології також дозволяють створювати вектори, що здатні захищати від деградації білки, ферменти або специфічні поліпептиди, які використовуються у терапевтичному процесі. Наприклад, колоїдосоми (нанокапсули) та ліпосоми можуть утримувати всередині наноструктури активні інгредієнти, які зазвичай не розчиняються в цито-безпечних розчинниках, і адресно доставляти їх до ураженої тканини/органу.

За останні роки розроблено вже три покоління невірусних та вірусних векторів для доставки діючих речовин в клітини [1]:

- I – наносфери і нанокапсули (найбільш відомі і доступні);
- II – НЧ, вкриті гідрофільними полімерами, такими як ПЕГ, ПЕГіліровані НЧ;
- III – комбінація ядра та біорозкладаної полімерної оболонки (ПЕГ) з мембранним розпізнавальним лігандом.

Необхідність виготовлення векторів на основі нуклеїнових кислот з часом призвела до розробки органел-специфічних препаратів, які доставляються безпосередньо всередину клітини (в мітохондрії, ліпосоми і т.п.) Ця стратегія виявилася дуже вдаюю, тому що внутрішньоклітинний просторовий контроль лікарських НЧ призводить до значного підвищення терапевтичного індексу препарату.

Здатність вірусів вставляти свою генетичну інформацію в клітини господаря була успішно використана для доставки генів. Вірусні НЧ, котрі використовуються в генній терапії сконструйовані з природніх вірусів, у яких більшість патогенних генів замінені на касету терапевтичних генів (при збереженні інфекційних властивостей вірусів). Вірусні капсиди можуть бути змінені шляхом мутагенезу, що дозволяє формувати різні конфігурації задля доставки специфічних генів, ферментів або антимікробних пептидів.

– **Активна система доставки:** при активному націлюванні до НЧ приєднуються специфічні антитіла, пептиди або аптамери, фрагменти котрих можуть взаємодіяти з «мішенями» на клітинах цільових тканин/органів. Основними мішенями є рецептори на клітинних мембранах, ліпідні компоненти клітинної мембрани, антигени або специфічні білки на клітинних поверхнях [8]. Активне націлювання дозволяє доставляти ЛЗ в цільові тканини/органи, що дозволяє знизити необхідну для досягнення терапевтичного результату дозу, зменшити шкідливі наслідки та уникнути небажаних побічних ефектів.

Прикладами активних DDS можуть бути такі нанопристрої, як вуглецеві нанотрубки (найчастіше використовуються для визначення місцезнаходження пухлини і доставки до неї онкологічних препаратів), мікрочіпи, імпланти та зонди, інкапсульовані біологічно локалізованим вкладенням (застосовуються у лікуванні анемії та інфекцій). Поєднання з білками також дозволяє створити точні та універсальні гібридні наносистеми.

Особливо активно останні роки розвивається введення наноліків на основі імплантів (*implant based drug delivery*). Наприклад, для точного дозування терапевтичних з'єднань зі спеціальними профілями доставки (в першу чергу, інсуліну) використовуються імплантовані наноасоси (*nanopumps*) для доставки ліків, створені на основі MEMS-чипів. Мікроелектромеханічні системи (*MEMS*) – це сверхмалі пристрої з резервуарами, приводами, насосами та проточним каналом для точного контролю вивільнення діючої речовини, які можуть бути імплантовані в будь яку тканину чи орган, в тому числі, у мозок. Механізм вивільнення заснований на електрохімічному розчиненні тонких анодних мембран, які покривають мікрорезервуари, заповнені активним інгредієнтом. Це дозволяє контролювати викид одного або декількох ЛЗ. Для виготовлення імплантованих систем використовуються нанопористі матеріали з упорядкованою і контрольованою структурою пір, великою площею поверхні і об'ємом пір (наприклад, виготовлені електрохімічним способом нанопористий глинозем і нанотрубчастий титан), моношари, що самозбираються і т. п. Особливо перспективним є використання пористих неорганічних наноматеріалів на основі вуглецю (*carbon-based*) для доставки генів – *gene delivery systems*. Хоча тут є певні проблеми. Наприклад, токсичність вуглецевих наноматеріалів, що залежить від їх метаболізму, який, в свою чергу, визначається дозою, формою, хімічним складом поверхні, способом впливу і чистотою.

Крім MEMS-чипів розробляються також біо-чіпи (*biochips*), виготовлені з використанням фотолітографії, наноелектроніки та нових біоматеріалів. Такі архітектури, як решітки та каркаси з нуклеїнових кислот також можуть містити електронні пристрої розміром з молекулу або використовуватися для конструювання матеріалів з точними молекулярними конфігураціями. В подальшому вчені очікують створення ДНК-пристроїв (*DNA devices*), які зможуть реплікуватися, та ДНК-машин (*DNA machines*) з рухомими частинами у вигляді наномеханічних датчиків, перемикачів і пінцетів.

Наступним кроком вдосконалення *nanoDDSs* стали «розумні» або інтелектуальні технології доставки ліків (*smart DDSs*), які забезпечують: 1) вивільнення ЛЗ лише в належному місці з належною швидкістю та 2) не вивільнення (або дуже повільне вивільнення) корисного навантаження до потрапляння в цільові тканини/органи. Точна адресна доставка досягається за рахунок того, що наноносії, які використовуються в *smart DDSs*, здатні реагувати на специфічні тригери:

- *ендогенні*: коливання *pH*, рівень гормонів, концентрація ферментів, невеликі біомолекули, рівень глюкози, окислювально-відновний градієнт і т. ін., які пов'язані з характеристиками певного захворювання;

- *екзогенні*: температура, коливання магнітного поля, ультразвук, світло, електричні імпульси і т. ін.

Тригери можуть запускати або посилювати вивільнення активного інгредієнту/діючої речовини в уражених областях, що дозволяє забезпечити:

- а) програмування дії ЛЗ та
 б) неінвазивний просторовий і часовий контроль його доставки.

Наприклад, фізичні/хімічні властивості полімерів ефективно трансформуються у відповідь на зміну температури, рівня pH і т. ін., завдяки чому швидкість вивільнення ЛЗ може контролюватися інтенсивністю впливу цих стимулів. На малюнку наведено приклад дії інтелектуальної системи доставки ліків на основі ліпосом для лікування онкологічного захворювання (діюча речовина вивільнюється у відповідь на ультразвукову стимуляцію). Для підвищення точності доставки ліків використовуються наноносії, які здатні реагувати на «гібридні» стимули, наприклад: термо- і рН-чутливі; термо- і світлочутливі; окислювально-відновні і рН-реагуючі; ультразвук- та магнітно-чутливі і т. д.

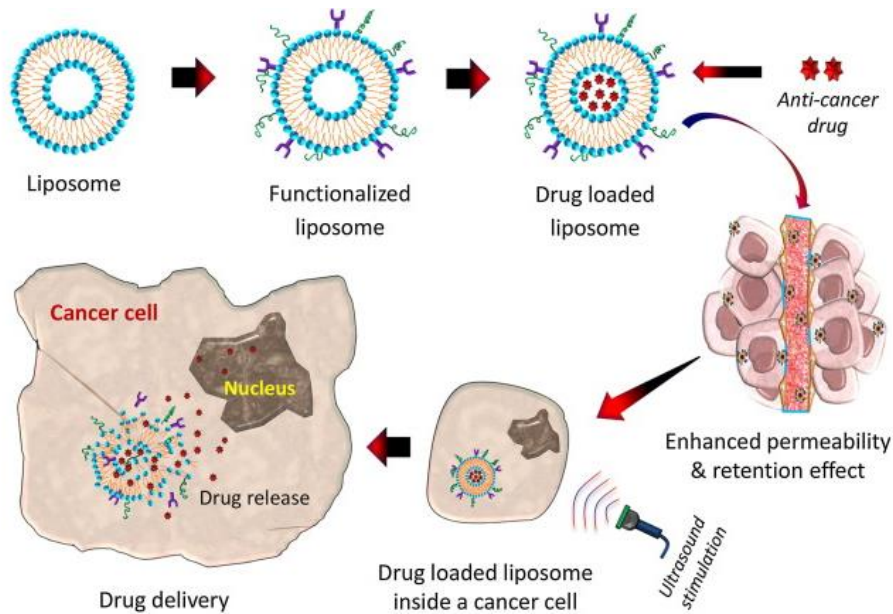


Рис.1. Дія системи доставки ліків на основі ліпосом [6]

До складу типової *smart DDSs* входять: наноелектромеханічна система (*nanoelectromechanical system, NEMS*), мікронасоси, мікроосмотичні й нанонососи, мініатюрні голки, а також датчики та засоби зв'язку для дистанційного керування насосами й контролю перебігу процесів. Біологічні датчики збирають дані від органів і тканин, що дозволяє корегувати графік доставки ліків відповідно до потреб організму.

Застосування *NEMS* для доставки ліків через біокапсули, мікроголки та мікронасоси допомагає підвищити ефективність фармакотерапії (за рахунок точного і адекватного дозування), а також покращити якість життя пацієнтів (за рахунок зниження доз та зменшення частоти введення ЛЗ, що, в свою чергу, призводить до зниження токсичності).

Висновки. Використання у фармації нанотехнологій допомагає поліпшувати фармакологічні та терапевтичні властивості вже існуючих ЛЗ, розробляти нові ЛЗ із відтворною і передбачуваною кінетикою та вдосконалювати стратегії доставки ліків. Такі особливості НЧ, як малий розмір, індивідуалізована поверхня, поліпшена розчинність і багатофункціональність дають можливість фармацевтам і медикам по-новому взаємодіяти зі складними клітинними функціями. Наприклад, *nanoDDSs* зможуть поєднуватися з системою комп'ютерного моніторингу для автоматичного регулювання гомеостазу (рівня глюкози в крові, рівня Ca , рівня оксигенації і т. д.).

Застосування НЧ та нано платформ для доставки ліків надає ряд переваг у порівнянні зі звичайними *DDSs*. Адресна доставка активного інгредієнта/діючої речовини до цільових клітин або органів покращує їх біорозподіл, модулює імунну відповідь організму, направляє активні молекули на уражені тканини та захищає здорові, зменшує коливання концентрації ЛЗ у цільових органах/тканинах та дозволяє підтримувати його концентрацію протягом більш тривалого часу. За рахунок зниження терапевтично ефективної дози та зниження ризику виникнення системних побічних ефектів підвищується ефективність лікування. Рання

діагностика та адресна доставка менш токсичних наноліків дозволяють ефективно керувати перебігом важких хронічних захворювань, таких як рак, ВІЛ/СНІД і діабет. Більш висока ефективність та безпечність підвищує вірогідність дотримання пацієнтом схеми лікування, що, в кінцевому підсумку, призводить до зниження витрат на охорону здоров'я.

ЛІТЕРАТУРА

1. Boisseau P., Loubaton B.. Nanomedicine, Nanotechnology in medicine. Elsevier, 2011. fffhal-00598930.
2. Brubaker I. O., Bilan O. A., Marchenko-Tolsta K. S. (2020) Review of Modern Approaches to the Development of Nanodrugs. World Science. 5(57), Vol.2. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31052020/7081.
3. Global Nanotechnology in Drug Delivery Industry. https://www.reportlinker.com/p05621749/?utm_source=GNW.
4. Grumezescu A. Design of Nanostructures for Versatile Therapeutic Applications. William Andrew. 2018, p690. DOI: 10.1016/C2016-0-04096-2.
5. Gursoy R.N., Benita S. Self-emulsifying drug delivery systems (SEDDS) for improved oral delivery of lipophilic drugs. Biomedicine & Pharmacotherapy. 2004 Apr; 58(3):173-82. DOI: 10.1016/j.biopha.2004.02.001.
6. Hossen S., Hossain M. K., Basher M.K., Mia M.N.H., Rahman M.T., Uddin M. J. Smart nanocarrier-based drug delivery systems for cancer therapy and toxicity studies: A review. Journal of Advanced Research. 2019, Vol. 15 (1), pp 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.06.005>.
7. Mousa S.A., Bawa R., Audette G.F. The Road from Nanomedicine to Precision Medicine. Jenny Stanford Publishing, 2020, 1208 p.
8. Patra J. K., Das G. Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. Journal of Nanobiotechnology (2018) 16:71. <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0392-8>

PROJECT MANAGEMENT

ЗАСТОСУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ОЩАДЛИВОГО ВИРОБНИЦТВА ЯК ІНСТРУМЕНТУ УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Бойко Євгенія Григорівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри управління проєктами, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4258>

Куценко Марина Миколаївна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри управління проєктами, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4499-0021>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062020/7103

ARTICLE INFO

Received: 19 April 2020
Accepted: 14 June 2020
Published: 30 June 2020

KEYWORDS

lean production concept, construction enterprise, economic efficiency, principles, losses, Kaizen.

ABSTRACT

The article is devoted to substantiation of necessity of technology economical production introduction at the construction enterprise. The expediency of applying the concept of lean production as a tool for managing the economic efficiency of the enterprise in the construction industry is considered. This paper reveals the significance of the lean production concept, describes the purpose and method of its implementation. The types of losses in the implementation of investment and construction projects are summarized, which must be minimized to increase the economic efficiency of the construction company, namely: losses due to overproduction, loss of time due to expectations, losses due to unnecessary transportation, losses due to unnecessary processing, losses due to unnecessary stocks, losses due to the provision of poor quality services, losses due to ignoring the human factor. The content of the listed losses and what threat they pose to the activity of the construction enterprise are revealed. The principles of economical production of a construction company, which must be followed when organizing the construction process: determining the value, determining the flow of value creation, ensuring the flow, "extraction" of the product and kaizen. It is the application of the concept of lean production in the management of investment and construction projects will increase the economic efficiency and competitiveness of the construction company.

Citation: Boiko Yevheniya, Kutsenko Maryna. (2020) Application of the Lean Production Concept as a Tool of Economic Efficiency Managing in Construction Enterprise. *World Science*. 6(58), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30062020/7103

Copyright: © 2020 Boiko Yevheniya, Kutsenko Maryna. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Ефективність діяльності являє собою важливий напрям в стратегії розвитку організації і можливості її виходу на зовнішні ринки в умовах динамічного зовнішнього середовища. Традиційно економічний зміст ефективності полягає в тому, що вона відображає рівень віддачі трудових і матеріальних ресурсів, які використовуються у виробництві. Досягнення виробничих та економічних результатів, їх відповідність очікуваним потребам

сфери виробництва і суспільства в цілому свідчать про ефективність роботи компанії. Існує безліч різних думок стосовно визначення поняття «ефективність».

Безсумнівно, дане поняття багатоаспектне і визначити його простою формулою неможливо. Однак, слід звернути увагу на наступне: традиційне ціноутворення, особливо в пострадянських компаніях, здійснюється, як правило, наступним чином – витрати на виробництво продукції визначають як сукупні витрати і до них додається очікуваний, планований прибуток – таким чином формується ціна. При цьому даний принцип не враховує важливої обставини: дана формула не мотивує виробників до зниження витрат, багато хто з яких поставляють товари на ринок із завищеною собівартістю.

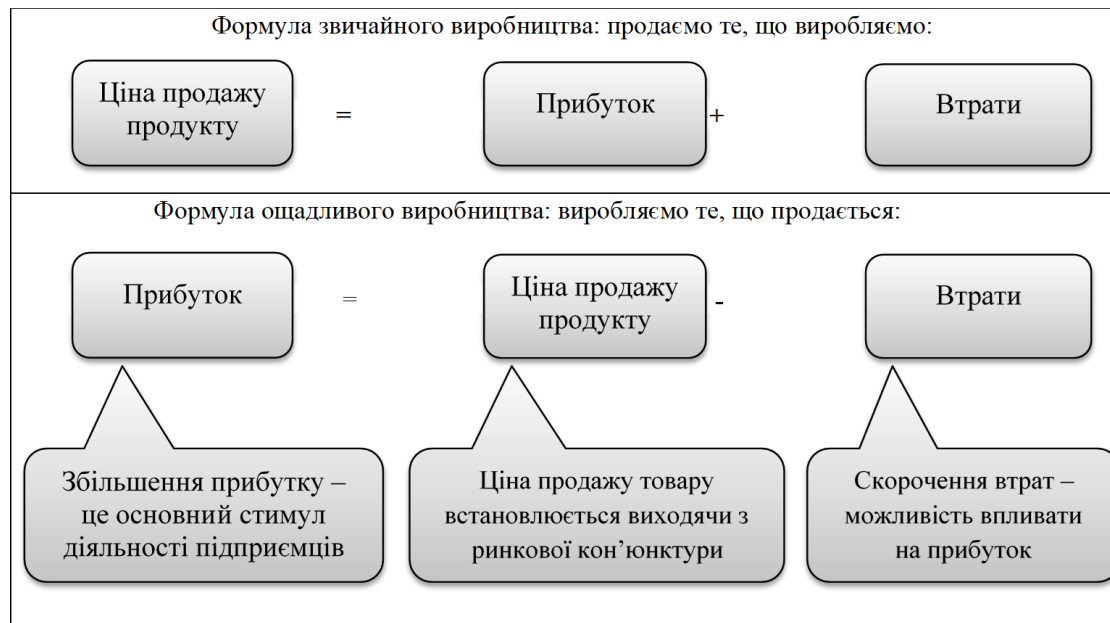


Рис. 1. Порівняння формул виробництв

У наведену формулу включено величезна кількість втрат, які несуть виробники на різних стадіях виробництва, поставки, зберігання і транспортування.

Подібний спосіб не є ефективним в наш час. Для ефективного бізнесу передбачено інший підхід, який використовується багатьма, наприклад, японськими компаніями. Він базується на тому, що прибуток дорівнює різниці ринкової ціни та втрат підприємства. В цьому випадку, для забезпечення достатнього прибутку, за умови формування ринкової ціни, залишається тільки один фактор для поліпшення бізнесу – зниження втрат. Основна задача для підвищення ефективності при цьому – зменшення різного роду втрат. Уміння розрізняти втрати на виробництво продукту або послуги та втрат, що не доставляють цінності клієнту, які при цьому виникають, і є формула ефективного бізнесу (рис. 1). Саме пошук усунення втрат є основним принципом ощадливого виробництва [1].

В даний час ідеї «lean production» (ощадливе виробництво) набувають особливої актуальності. Оптимізація та скорочення втрат відбувається на всіх рівнях економіки. Передумовою хвилі скорочень робочих місць і зниження обсягів підприємницької діяльності стала пандемія COVID-19. У зв'язку з цим завданням багатьох підприємців є підтримка поточного рівня ділової активності різними способами, одним з яких, є ощадливе виробництво, яке визнане на світовому рівні як засіб підвищення національної конкурентоспроможності та економічної безпеки.

Матеріали та методи. Ощадливе виробництво становить основу нового етапу розвитку систем менеджменту якості та являється однією з форм нелінійного менеджменту. Основна мета ощадливого виробництва – досягнення мінімальних втрат праці, мінімальних термінів по створенню нової продукції чи надання послуг, гарантованої поставки продукції замовнику чи виконаного замовлення, висока якість при мінімальній вартості.

Історія виникнення концепції ощадливого виробництва пов'язана з феноменом циклічності розвитку економіки. У 50-х роках минулого століття японська економіка

переживала черговий циклічний спад. Саме з цього часу прийнято вести відлік виникненню методів ощадливого виробництва. Суть ощадливого виробництва: ми повинні виробляти те, що купить споживач та потрібно виробляти так, щоб цінність продукту була максимальною при мінімальних втратах.

Розвитку концепції ощадливого виробництва приділено увагу багатьох вчених: Дж.П. Вумека, Д.Т. Джонса, Дж.К. Лайкера, М.Л. Джорджа, О.Е. Леві, Т. Луйстера, Д. Теплінга, Г.М. Скударя, Т. Оно, М. Вейдера, М. Імаї, М.А. Мироненка, Т.В. Омеляненко та ін.

Засновником концепції вважають Тайті Оно (Taiichi Ohno), який розробив її на японському підприємстві «Тойота» (“Toyota Motor Corporation”) [2]. Після того, як вийшла книга Дж.П. Вумека та Д.Т. Джонса “The Machine That Changed The World” («Машина, яка змінила світ») – ця теорія ощадливого виробництва стала всесвітньо визнаною [3]. Сьогодні принципи ощадливого виробництва застосовуються в Японії, Німеччині, Китаї, Великобританії, США, Росії, Україні тощо.

Спосіб впровадження ощадливого виробництва для виробничої сфери, запропонований Джеймсом Вумек можна транслювати і в сферу будівництва. Дж. Вумек запропонував: «Знайти агента змін», тобто необхідно обрати керівника, лідера, який зможе впровадити технології ощадливого виробництва на будівельному підприємстві. Саме на нього покладається відповідальність за розробку та впровадження концепції. Також керівник проєкту повинен володіти певними знаннями з технологій ощадливого виробництва і організувати навчання співробітників. Необхідно навчити не тільки відомим методам, принципам і засобам ощадливого виробництва, але і пояснити філософію даної системи, значимість і необхідність її впровадження. Це потрібно для того, щоб людина усвідомлено застосовувала цю систему на практиці, а не під примусом з боку керівництва [4].

На сьогоднішній день однією з ключових проблем, пов'язаних з реалізацією інвестиційно-будівельних проєктів, є зрив термінів введення в експлуатацію об'єктів будівництва, – то, згідно з концепцією ощадливого виробництва, це є втратою для будівельного підприємства, що тягне за собою подорожчання кінцевої вартості реалізації проєкту і, як правило, погіршує якість будівництва.

При дослідженні втрат на будівельних підприємствах було визначено вісім видів втрат в будівельному процесі (табл.1), які необхідно звести до мінімуму, щоб підвищити економічну ефективність діяльності будівельного підприємства.

Таблиця 1. Види втрат при реалізації інвестиційно-будівельних проєктів

№	Втрати	Зміст
1	Втрати через перевиробництво	Виробництво, що перевищує попит. Прикладом можуть слугувати інвестиційно-будівельні проєкти житлових комплексів.
2	Втрати часу через очікування	Очікування на інвестора-замовника, затримка виконання певної стадії будівельного процесу через те, що запізнюється завершення робіт на попередній стадії.
3	Втрати при непотрібному транспортуванні	Непродуктивні відрядження щодо кола проблемних питань стосовно будівельного об'єкту, вирішення яких не потребує особистої присутності керівника проєкту, а доцільним і достатнім є оперативні переговори або електронне спілкування.
4	Втрати через зайві етапи обробки	Додаткові перевірки та виправлення для виявлення і усунення неякісних результатів.
5	Втрати через зайві запаси	Скупчення великої кількості будівельних матеріалів або інвентарю, ніж це необхідно в певний момент часу.
6	Втрати через непотрібні переміщення	Переміщення людей та вантажів з одного об'єкту на інший без будь-якої мети.
7	Втрати через випуск дефектної продукції	Завершення будівництва об'єкта, який не відповідає вимогам контролю якості будівництва.
8	Втрати через ігноруванням людського фактору	До цієї групи належать такі втрати, які викликані складнощами сучасного адміністрування не тільки на підприємствах будівельної галузі, а й у органах державного регулювання.

На рисунку 2 представлено п'ять основних принципів ощадливого виробництва будівельного підприємства:



Рис. 2. Принципи ощадливого виробництва будівельного підприємства

1. *Визначення цінності.* Важливо розуміти, в чому конкретно полягає цінність послуг будівельного підприємства для клієнта-замовника. Якщо підприємець чітко уявляє, які вимоги до продукту будівельно-інвестиційного проекту найбільш цінні для клієнтів, він зможе сконцентруватися на основних моментах, від яких залежить, чи будуть задоволені замовники.

2. *Визначення потоку створення цінності.* Реалізація будівельно-інвестиційного проекту розбита на окремі організаційно-технологічні цикли, які, в свою чергу, складаються з окремих технологічних операцій, які можуть виконуватися послідовно, паралельно або з частковим суміщенням в часі - поточним методом. Для впровадження такої системи менеджменту спочатку слід скласти карту потоку створення цінності відповідно до траєкторії переміщення матеріалів, робочих і обладнання в ході процесу. При цьому основну увагу звертають на виявлення і усунення втрат в будівельному процесі.

3. *Забезпечення потоку.* В області будівництва складання такої карти є обов'язковим і знаходить своє відображення в календарному плані-графіку виконання робіт, крім цього, на кожен окремий виробничий процес складається технологічна карта. Календарний план виконання робіт - це графічне зображення системи комплексів будівельних процесів. Ця система багатоваріантна і керована; її планування і оптимізація (розробка та оптимізація календарного плану) виконуються на основі техніко-економічної оцінки можливих варіантів і їх зіставлення. Слід лише підкреслити, що в кожному розглянутому варіанті повинні бути дотримані всі необхідні параметри технологічних процесів і комплексів процесів, а також їх суворі послідовність. В результаті впровадження методів системи «бережливого виробництва» виникають величезні резерви, які можна використовувати, усуваючи вчасно втрати, які виникають та згортаючи етапи, що не додають цінності. На практиці кінцевою метою застосування даної системи є організація потоку одиничних виробів стосовно до всіх видів робіт, будь то проектування, прийом замовлень або саме будівництво. Такий потік забезпечує послідовну реалізацію інвестиційно-будівельних проектів зі швидкістю, що відповідає запитам замовника.

4. *"Витягування" продукту.* Орієнтація на потреби інвесторів-замовників з точки зору якості надання будівельних послуг та їх кількості лежить в основі успішної діяльності будівельного підприємства.

5. *Кайдзен* – безперервне вдосконалення.

Результати дослідження. Питання про організацію управління інвестиційно-будівельними проектами в рамках впровадження концепції ощадливого виробництва не регламентований жодними нормативними документами, проте в стандартах ISO серії 9000 викладені основні принципи системи менеджменту якості, які повністю узгоджуються з розглянутою концепцією. На жаль, правильний виклад керівниками проектів вимог у вигляді інструкцій, вказівок та інших внутрішніх нормативних документів зовсім не гарантує їх правильної інтерпретації і коректного виконання, тому ключовим фактором ефективності впровадження концепції ощадливого виробництва є людський.

На заключному етапі процесу управління потоками розробляються інструкції для персоналу, якому повинні бути доступні інструменти логістики, що застосовуються на відповідних стадіях будівництва: проектна документація та аналіз технологічних альтернатив; плани виконання робіт, потреби в матеріалах, завантаження технічних засобів, плани робіт персоналу і підрядників; в сфері матеріально-технічного постачання – дані про специфіку матеріалів, план поставок матеріальних ресурсів на ділянки, план завантаження техніки, регламент на замовлення техніки і регламент оцінки та обліку матеріальних втрат; в процесі виконання робіт – план їх виконання по об'єктах, звітність по продуктивності персоналу і використання техніки, правила техніки безпеки. При застосуванні даних інструментів необхідно забезпечити зворотний зв'язок для отримання інформації про стан процесів і оперативного внесення змін до графіків та планів відповідно до фактичних потреб.

Висновки. В роботі розкрито значення ощадливого виробництва та мета його впровадження, узагальнено види втрат при реалізації інвестиційно-будівельних проектів, які необхідно звести до мінімуму, щоб підвищити економічну ефективність діяльності будівельного підприємства. Наведено принципи ощадливого виробництва будівельного підприємства, яких потрібно дотримуватися при організації будівельного процесу.

Враховуючи вищезгадане, можна з впевненістю говорити про те, що на сьогодні технології ощадливого виробництва поступово впроваджуються у всі сфери життя, а також у сферу будівництва. Застосування концепції ощадливого виробництва на будівельному підприємстві дозволяє зробити процес управління інвестиційно-будівельними проектами більш ефективним, забезпечити ефективне управління ресурсами та підвищити конкурентоспроможність даного підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петрова, Л.В. & Федорова, Е.Ю. (2015). Бережливое производство как инструмент управления экономической эффективностью транспортной компании. Транспортное дело в России. № 2. – С. 71-77.
2. Тайіті, О. (2012). Виробнича система Тойоти: йдучи від масового виробництва. Москва : ІКСІ. 260 с.
3. Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos D. (1990). The Machine that changed the World: The Story of Lean Production. Harper Collins, New York. ISBN 978-0-060-97417-6.
4. Ковальчук, Е.М. (2017). Внедрение технологий бережливого производства в образование. Система образования и технологии бережливого производства: материалы очно-заочной Региональной научно-практической конференции. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та. С. 25-31.
5. Вумек, Дж. & Джонс Д. (2010). Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании; Пер. с англ. – 5 изд. – М.: Альпина Паблишерз. 471с.
6. Высочий, Д. Система Lean: Концепция бережливого производства // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://otrude.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

MANAGEMENT AND MARKETING

STAGES OF THE CURRENT STATE OF LAND FORESTRY PURPOSES AND FEATURES OF THEIR USE IN THE CONTEXT OF THE LEGAL REGIME

Bondar V. N.

postgraduate, Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-3208>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062020/7104

ARTICLE INFO

Received: 23 April 2020

Accepted: 08 June 2020

Published: 30 June 2020

KEYWORDS

forest lands,
forest ecosystems,
ecosystem,
balanced development.

ABSTRACT

The article analyzes the structure of the land fund, the distribution of Ukraine's forest area by predominant tree species, and states that the division of land by categories is a dynamic process, whenever in the course of economic activity on land there may be a need to change its purpose. Determining and changing the ownership of a land plot to a certain category of land is the prerogative of public authorities – state and local self-government, which are endowed with such powers. The analysis of forest cover in Ukraine in terms of natural zones and structure of land for forestry purposes in Ukraine, where from the total area of forestry lands and forests on other categories of lands is 10.8 million hectares, of which 9.7 million hectares are covered with forest vegetation. The analysis of the given data testifies to an uneven arrangement of the specified category of lands of the territory of Ukraine. In particular, they are concentrated mainly in Polissya and the Ukrainian Carpathians. The stages of legal regulation and use of forest lands are proposed. Regarding the solution of these two problems lies in the plane of decision-making on land use, establishing a socially optimal purpose of land, compliance with land legislation, promoting reforestation and afforestation; stimulating the preservation and increase of forest land productivity, which requires the use of levers of influence on land and forest users; irrational use of forest lands, which leads to loss of potential benefits of the landowner.

Citation: Bondar V. N. (2020) Stages of the Current State of Land Forestry Purposes and Features of Their Use in the Context of the Legal Regime. *World Science*. 6(58), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30062020/7104

Copyright: © 2020 **Bondar V. N.** This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Problem statement. Today, forestry lands occupy an important place among the categories of lands of Ukraine and have a special legal regime. The basis for the allocation of forest lands in a separate category are the following features: germination of forest vegetation in their territory, forestry, including through the reproduction of forests, increase their productivity, quality composition and conservation of biodiversity [1; 2].

An important factor in balanced forest use is the ecological and economic assessment not only of the results of the use of forest resources, but also of the useful functions of the forest. A necessary condition for such an assessment should be a system of ecologically sound forest use, which would take into account the natural patterns of development of forest ecosystems. Such an assessment should be used to reflect the value of forests as part of a country's national wealth; analysis of forestry activities of enterprises and forest

users; substantiation of the effectiveness of all forestry measures; maintaining the state forest cadaster; establishing the amount of damage caused to forests; collection of fees for forest use [3].

Analysis of recent research and publications. The issue of forest land use has been studied by such scientists as Khavar Yu.S., Chopnyk O.P., Synyakevych I.M., Furdychko O.I., Shershun M.H., Drebot O.I., Antonenko I.Ya. It is in the scientific research of these scientists that the theoretical and methodological principles of effective use and conservation of forest lands are substantiated.

Problem statement. The purpose of our study is to analyze the current state and make recommendations for improving the mechanism for ensuring the effective use and protection of forest lands based on the study of theoretical and applied aspects of land use in the forest sector.

Presentation of the main material. It is well known that forestry is the second largest form of land use in Europe after agriculture. After all, it is a specific intersectoral structure, the main task of which is the cultivation of multifunctional forest plantations used for the formation of green areas, forest parks, water protection, soil protection and recreational forests, conservation and reproduction of biodiversity, timber harvesting, forest resources [4]. According to Art. 34 of the Forest Code of Ukraine [5], forestry should ensure forest management on the basis of sustainable development, taking into account natural and economic conditions, purpose, forest plant characteristics, species composition of forests, as well as the functions they perform.

The land fund of Ukraine, according to Dana 's Department of State Land Cadaster, as at 01.01. 2017 [6] of 60 354.8 thousand hectares (Table. 1).

As seen in the structure of land fund most of the territory occupied by agricultural land – 71 %, forests and other wooded areas – 17.6 %, built-up land – 1.6 %, open lands without vegetation or with little vegetation (rocky places, sands, other ravines) – 1.7 %, the territory of the pit covered with surface waters – 4 %.

Table 1. Land Fund of Ukraine (01.01.2017)

The main types of land and economic activity	Land area	
	Total thousand hectares	% to the total area of Ukraine
<i>Agricultural lands</i>	42813.7	71.0
including: agricultural land	41569.4	68.9
of them:		
arable	32478.4	53.8
fallows	320.8	0.5
perennial plantings	897.7	1.5
hayfields	2409.8	4.0
pastures	5489.7	9.1
other agricultural lands	1244.3	2.1
<i>Forests and other wooded lands</i>	10591.9	17.6
including:		
covered with forest vegetation	9675.4	16.0
not covered with forest vegetation	198.9	0.4
Land for commercial and other purposes	52.1	0.1
Public lands	281.8	0.5
Land of mixed use	28.9	0.1
Land used for transport, communications	493.4	0.8
Lands used for technical infrastructure	65.1	0.1
Lands used for recreation and other open lands	743.9	1.3
Open wetlands	979.4	1.6
Dry open lands with special vegetation	17.6	0.1
Open lands without vegetation or with insignificant vegetation (stony places, sands, ravines, others)	1029.9	1.7
Waters (areas covered by surface waters)	2423.5	4.0
Total (territory of Ukraine)	60354.8	100

* Source: developed by the author based on data [6]

Analyzing the distribution area of land for forestry purposes by primary species in the oblasts of Ukraine, we can conclude that the correct their use largely depends not only on the successful development of the economy, but the state of the environment (Fig. 1).

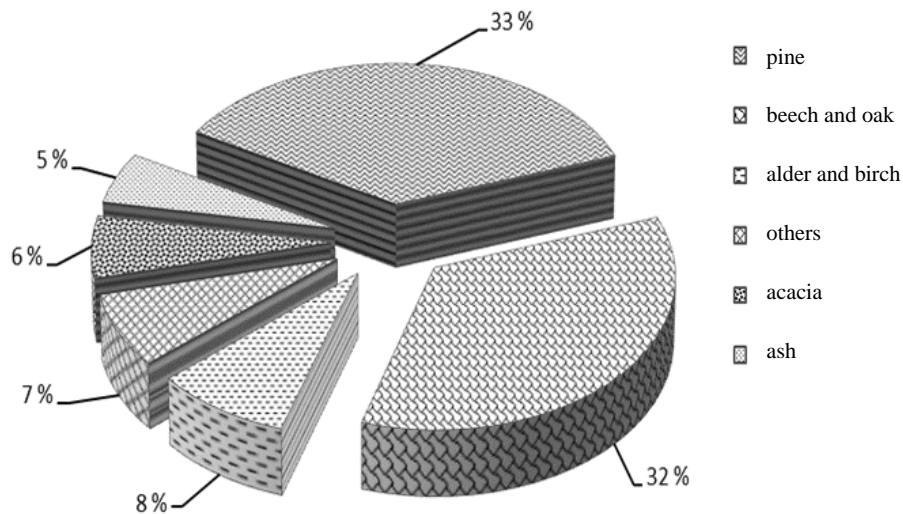


Fig. 1. Distribution of forests in Ukraine by predominant tree species, %
 * Source: developed by the author based on data [6].

After all, forest ecosystems and forestry lands of Ukraine have certain features in comparison with other European countries, in particular:

- lower than the average European level of forest cover in the country;
- the predominant ecological value of forests and their high share up to 50% with limited use;
- significant areas of protected forests (15.4%), and have a steady upward trend;
- half of the forest plantations are artificially created and need intensive care;
- lack of an economic mechanism to stimulate, preserve and reproduce the potential productivity of lands, in particular forest lands.

Regarding the interdepartmental distribution of these lands (Fig. 2), the largest share (68%) falls on the State Forest Agency, the Ministry of Agrarian Policy – 1.8 million hectares (17%), the Ministry of Defense – 0.2 million hectares (2%), the Ministry of Emergencies – 0.2 million hectares (2%), the Ministry of Environment - 0.1 million hectares (1%), the Ministry of Infrastructure – 0.1 million hectares (1%), other ministries and departments – 0.2 million hectares (%), located on reserve lands and not provided for use – 0.8 million hectares (7%) [Official site of the State Agency of Forest Resources].

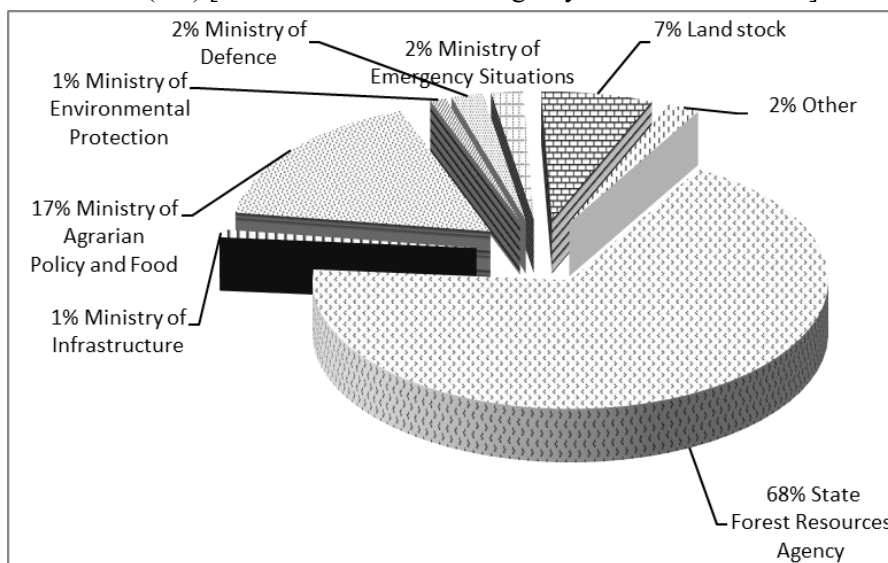


Fig. 2. Departmental allocation of land for forestry purposes in Ukraine, 2017
 * Source: developed by the author based on data [7].

The results of the analysis of the current state of distribution and use of forest lands are an objective basis for claiming the imperfection of relations in this segment of the economy. On the one hand, they are an integral part of nature management with all the general features of the latter, on the other - have certain specifics and need improvement, primarily in accordance with current trends in socio-economic development, which are primarily related to Ukraine's accession to the WTO and integration into the world economy, the urgent tasks of reforming economic relations and institutional structures in the forest and land sectors in terms of sustainable development.

The negative consequences of anthropogenic transformation of forest lands are:

- defragmentation of natural and natural-anthropogenic landscapes;
- loss of habitats of species;
- reduction of biological diversity;
- quantitative destruction of valuable elements of landscapes and their components;
- deterioration of qualitative characteristics of component landscapes.

The main causes of problems in forestry regarding land relations are imperfect redistribution of forest lands between users, incomplete processes of reforming environmental, economic and legal property relations, inefficient system of public administration in the field of land use and protection, land legislation and land market infrastructure, incomplete formation automated system of state land cadaster, the ineffectiveness of the mechanism of economic incentives for land use and protection [8].

There is a significant decrease in the area of land used by agricultural enterprises. As a result of denationalization and unbundling of lands, the share of private property of citizens who have the right to manage these lands independently or lease them has significantly increased, as well as the gradual expansion of land used by forestry enterprises (Table 2).

Dynamics of changes in the structure of the land fund of Ukraine for the period 1998-2016 years. The main types of land use and functional, shown in Fig. 2 and in table. 2. The latter indicates changes in its structure by main types of land, as well as by main land users and landowners.

Table 2. The structure of the land fund of Ukraine by main land users and landowners

Major land users and landowners	1998		2007		2008		2009		2010-2016 p.	
	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%
Agricultural enterprises	40805.5	67.6	21143.3	35.1	19507.9	32.3	18367.8	30.4	17787.2	29.7
Citizens	5933.9	9.8	17773.4	29.5	19064.9	31.6	19908.0	33.0	20192.6	33.5
Institutions, institutions, organizations; enterprises of transport, communication; industrial enterprises; units, organizations, defense educational institutions	2337.8	3.9	2615.6	4.3	2594.2	4.3	2518.7	4.2	2380.8	4.0
Forestry enterprises	7022.6	11.6	8484.7	14.1	8540.0	14.1	8550.1	14.2	8582.5	14.3
Reserve lands and lands not provided for ownership and use within settlements	3353.9	5.6	9438.4	15.6	9783.1	16.2	10155.9	16.8	10567.3	17.2
Other land users	901.1	1.5	854.3	1.4	864.7	1.4	854.3	1.4	844.4	1.4
Total	60354.8	100	60354.8	100	60354.8	100	60354.8	100	60354.8	100

* Source: developed by the author on the basis of the Statistical Yearbook of Ukraine.

Table 3. The structure of the land fund by the main types of land and functional use in Ukraine

Major land users and landowners	1998		2008		2009		2010		2011-2016 p.	
	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%	Area, thousand hectares	%
Agricultural lands	41890.1	69.4	41763.8	69.2	41722.2	69.1	41675.9	69.1	41625.8	69.0
Forestry lands	10331.0	17.1	10475.9	17.3	10503.7	17.4	10539.9	17.5	10570.1	17.5
Built-up land	2386.2	4.0	2458.3	4.1	2467.5	4.1	2470.2	4.1	2489.0	4.1
Open wetlands	920.8	1.5	957.1	1.6	966.0	1.6	972.4	1.6	978.0	1.6
Open lands without vegetation	1105.6	1.8	1039.0	1.7	1040.5	1.7	1042.5	1.7	1032.8	1.7
Other lands	1301.2	2.2	1239.6	2.1	1238.0	2.1	1235.2	2.0	1236.6	2.1
Water	2419.6	4.0	2421.1	4.0	2416.9	4.0	2418.7	4.0	2422.5	4.0
Total	60354.8	100	60354.8	100	60354.8	100	60354.8	100	60354.8	100

* Source: developed by the author on the basis of the Statistical Yearbook of Ukraine.

Regarding the structure of the land fund in terms of major land users and landowners, the area of land provided for ownership or use to citizens increased from 5.93 million hectares, as of January 1, 1998 to 20.19 million hectares, as of January 1, 2016 (respectively from 9.8% to 33.5%); the area of forestry enterprises increased from 7.02 million hectares to 8.58 million hectares (by 1.56 million hectares); the area of reserve lands and lands not provided for ownership or permanent use increased from 3.35 million hectares to 10.57 million hectares by 7.22 million hectares. Instead, the area of agricultural enterprises decreased from 40.8 million hectares to 17.8 million hectares (from 67.6% to 29.7%, respectively) [6].

Thus, from the above data we can conclude that the division of land into categories is a dynamic process, at any time in the course of economic activity on the land there may be a need to change its purpose. Determining and changing the ownership of a land plot to a certain category of land is the prerogative of public authorities – state and local self-government, which are endowed with such powers.

In the general structure of the land fund of Ukraine, forest lands occupy 17.6%, but in the Carpathian region – 48%, Polissya – 26.8%, the least in the steppe – 5.3%, which indicates the urgency of this problem.

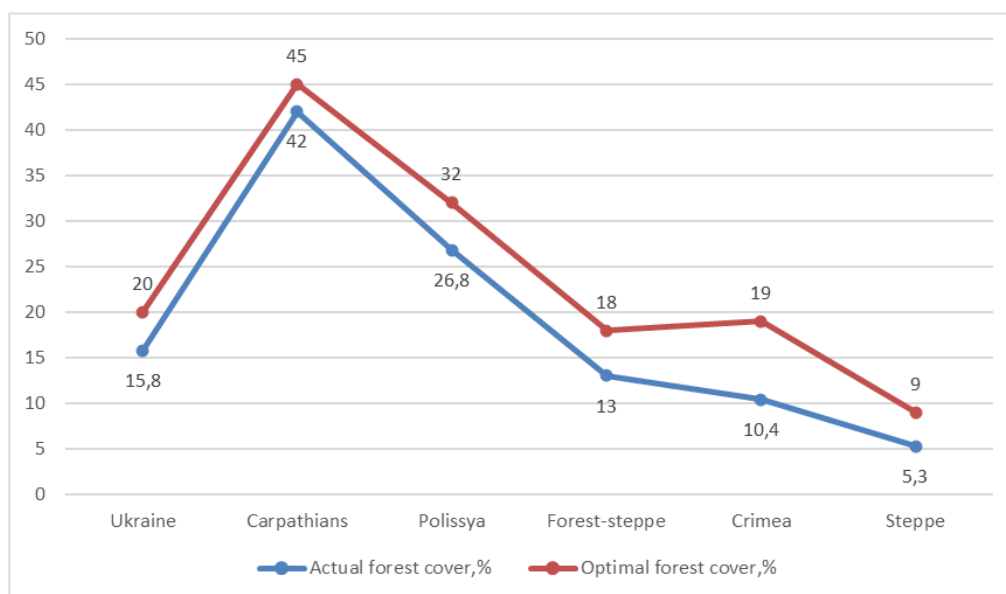


Fig. 3. Forest cover in Ukraine in terms of natural areas, 2016 %

* Source: developed by the author based on data [6;7].

The total area of forestry lands and forests on other categories of lands is 10.8 million hectares, of which 9.7 million hectares are covered with forest vegetation. (Table 5) [7].

The analysis of the given data testifies to an uneven arrangement of the specified category of lands of the territory of Ukraine. In particular, they are concentrated mainly in Polissya and the Ukrainian Carpathians.

The largest area of forestry lands - in the Zhytomyr region - 1094.4 thousand hectares, and the smallest – 94.9 thousand hectares in the Nikolaev area. If we consider the area of land of administrative-territorial units in terms of the most covered with forest vegetation, they predominate in the Vinnytsia region and account for 95.3% of the total area of its territory (351.4 thousand hectares). The least forested lands are located in the Kherson region – respectively 61% (132.4 thousand hectares).

Table 5. General data on forestry lands in Ukraine (01.01.2016)

Administrative-territorial unit	Total area, thousand km ²	The total area of forestry land, as of 01.01.2016, thousand hectares	Land covered with forest vegetation, thousand hectares	
			on 01.01.2016	% of the total area
Crimea	26.1	330.7	276.3	83.6
Vinnytsia	26.5	368.6	351.4	95.3
Volyn	20.2	702.5	632.4	90
Dnepropetrovsk	31.9	197.1	152.8	77.5
Donetsk	26.5	213.9	185.5	86.7
Zhytomyr	29.9	1096.4	989	90.2
Transcarpathian	12.8	695.8	652.9	93.8
Zaporozhye	27.2	125.2	105.4	84.2
Ivano-Frankivsk	13.9	625.9	576.7	92.1
Kyiv	28.1	731.5	600.9	82.1
Kirovograd	24.6	175.1	158.8	90.7
Luhansk	26.7	362.2	282.9	78.1
Lviv	21.8	682.8	626.4	91.7
Mykolayivska	24.6	134.8	94.9	70.4
Odessa	33.3	259.8	195.3	75.2
Poltava	28.8	271.5	236.2	87
Rivne	20.1	849.8	731.7	86.1
Sumy	23.8	442.8	403.8	91.2
Ternopil	13.8	207.8	192.4	92.3
Kharkiv	31.4	415.5	372.7	89.7
Kherson	28.5	217.2	132.4	61
Khmelnitsky	20.6	283.8	262.7	92.6
Cherkasy	20.9	345.8	319.3	92.3
Chernivtsi	8.1	261.8	237.8	90.8
Chernihiv	31.9	713.4	656.6	92
m. Kyiv	0.8	35.8	31.3	87.4
Sevastopol	0.9	37.8	32.4	85.7
Together	603.7	10785.3	9490.9	88

* Source: developed by the author based on data [6;7].

The research indicates the need to improve the regulatory framework for the balanced use and restoration of forest lands, due to the appropriate system of both legal and organizational economic measures that would ensure environmental, resource-saving and reproductive nature.

From the point of view of the legal regime, forests have a limited operational significance and are subject to state registration and protection. Relations related to the use of the forest fund are regulated by the Land and Forest Codes and other acts of legislation of Ukraine. Land legislation defines the general provisions that relate to the regulation of the use and protection of forestry lands, and forest reflects the specifics of the regulation of these relations (Fig. 4).

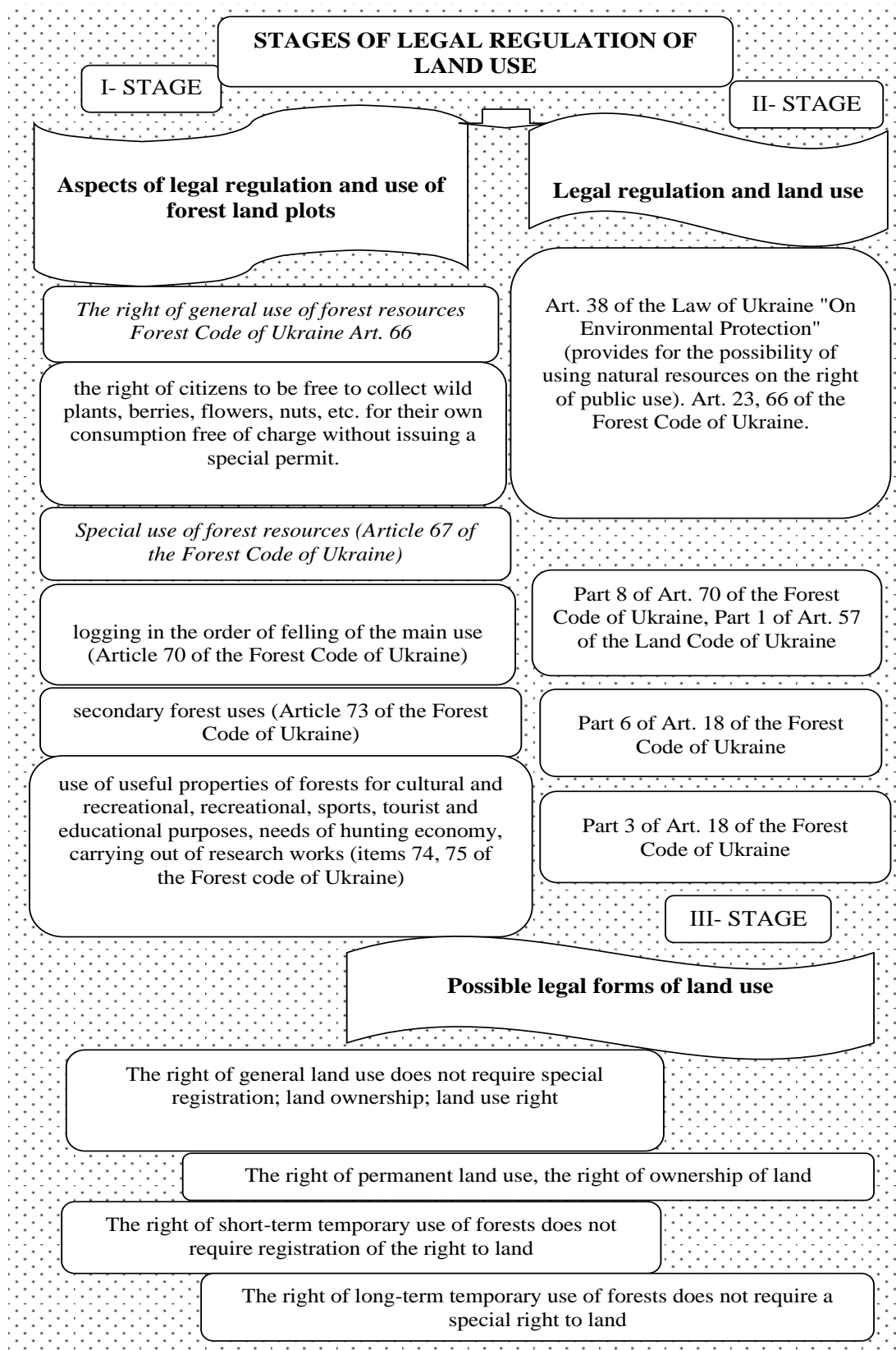


Fig. 4. Stages of legal regulation and use of forest lands
Source: formed on the basis of [5; 8].

One of the main features of the legal regime of forest lands is the multifunctional use of forests, which allows the simultaneous use of forests by different people for different needs, for example, temporary use of forests for harvesting secondary forest materials, secondary forest uses and

other needs is carried out without land acquisition. forests, a permanent forest user on the basis of a special permit (Part 6 of Article 18 of the Forest Code of Ukraine) [5]. Significant features of management in the relationship of use, protection and reproduction of forest lands. Some management functions coexist or are absorbed by similar functions related to forests [10]. Planning of forest land use is carried out primarily in the form of forest management, which, in particular, provides for "drafting of the organization and development of forestry and author's supervision over their implementation" (paragraph 13 of Article 46 of the Forest Code of Ukraine) [5].

In accordance with Part 1 of Art. 5 of the Forest Code of Ukraine, forestry lands consist of forest and non-forest lands.

In case of change of purpose of forest land plots there is an obligation to compensate for losses of forestry production. At the same time, a simplified procedure for the transfer of forest land to non-forest land for purposes related to forestry (apparently, the law assumes that the preparation of a new land management project is not required) [5]. When transferring to non-forest lands, the issue of felling and use of wood is resolved. An obligation may be established to preserve forest plantations and take care of them even in the case of transfer of forest lands to non-forest lands (Part 2 of Article 58 of the Forest Code of Ukraine) (Fig. 4).

Conclusions. From the above we can conclude the current state of forest lands, which revealed the following strengths that become real in the implementation and conduct of the assessment: assessment of the existing state of forest lands; identification of risks and negative trends and phenomena in forest use; accounting of forestry lands and improvement of forest cadaster; planning and implementation of measures for the balanced use of forestry lands; increasing the efficiency of integrated forest management. The main factors of the theoretical study can be identified in relation to the effective use of forest lands as a spatial basis and source of productivity of forest ecosystems and the causes of these problems: 1) preservation of forest lands and change of purpose of forest lands, 2) encouraging the transformation of other elements of the landscape into forest lands and increasing the area of forested lands. The solution to these two problems lies in the plane of decision-making on land use, establishing a socially optimal purpose of land, compliance with land legislation, promoting reforestation and afforestation; 3) stimulating the preservation and increase of productivity of forest lands, which requires the use of levers of influence on land and forest users; 4) irrational use of forestry lands, which leads to loss of potential benefits of the landowner.

REFERENCES

1. *Drebot, O.I.* (2012). Institutionalization of the forest sector of the economy in the context of sustainable development of Ukraine. Kyiv DIA – 336.
2. *Furdychko, O.I., Drebot, O.I., Bobko, A.M.* (2017). Forest and forest ecosystems as part of forestry lands. Bulletin of Agricultural Science. 10. 54–58.
3. *Antonenko, I.Ya., Golub, O.A., Koval, Ya.V.* (2013). "Methodological approaches to comprehensive economic assessment of forest resources." Complex economic assessment of natural resources: [monograph]. Kyiv. – 300 p.
4. *Koval, Ya.V.* (2006). Forest problems in the context of transformation of Ukraine's economy. Economics of nature management and environmental protection. Kyiv, 14–21.
5. Forest Code of Ukraine. Subsoil Code of Ukraine. Water Code of Ukraine. Air Code of Ukraine. (2011): Odyssey. – 232.
6. Statistical Yearbook of Ukraine for 2017. Kyiv: Engineering, 900.
7. Official site of the State Agency of Forest Resources. URL: <http://www.dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk>
8. *Semchik, V.I. (Ed.)* (2007). Land Code of Ukraine: Scientific and practical commentary. Kyiv– 896.
9. *Mausser, V.M., Gordienko, M.I., Brovko, F.M. etc.* (2009). Theoretical and technological bases of forest reproduction on the basis of ecologically oriented forestry. State Forestry Committee. Forest Information Research and Information Center. Kyiv. NULES Publishing Center. – 62.
10. People's legal portal "Jurisconsult". Art. 57. Use of forestry lands. URL: <https://legalexpert.in.ua/komkodeks/zku/86-zku/3033-57.html>

WORLD SCIENCE

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws

№ 6(58)
Vol.1, June 2020

MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC EDITION

Indexed by:



Passed for printing 25.06.2020. Appearance 30.06.2020.

Typeface Times New Roman.

Circulation 300 copies.

RS Global Sp. z O.O., Warsaw, Poland, 2020

Numer KRS: 0000672864

REGON: 367026200

NIP: 5213776394

<https://rsglobal.pl/>